REPUBLIQUE DU BENIN

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

INSTITUT NATIONAL DE L'EAU

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

MASTER PROFESSIONNEL EN HYDROLOGIE

OPTION : ECOHYDROLOGIE

THEME :

PRATIQUES LOCALES DE POTABILISATION DES EAUX CONSERVEES AUX BOULES DE NAPHTALINE ET A L'EXTRAIT DES FEUILLES D'ELAEIS GUINEENSIS (Jacq) : CAS DE KOVIE (LOME/TOGO)

Mémoire de fin de formation réalisé et présenté par

Mlle OURO-LOWAN Ilyame

Encadreur :

Dr Hyacinthe F. AGNIMONHAN

Maître Assistant (CAMES)

Superviseur :

Waris Kéwouyèmi CHOUTI

Professeur Titulaire (CAMES)

PROMOTION : 2023-2024

FICHE DE CERTIFICATION

Nous soussignés, Professeur **DOVONOU Edia Flavien**, Professeur Titulaire CHOUTI **Waris Kéwouyèmi**, Dr **YESSOUFOU Arouna**, et Dr **ADANDEDJI Firmin**, jury chargé de juger le mémoire de fin de formation pour l'obtention du Master Professionnel en Ecohydrologie **de OURO – LOWAN Ilyame** étudiante à l'Institut National de l'Eau (INE), certifions que les différents apports, contributions et corrections énoncés au cours de sa soutenance tenue le 07 décembre 2024 de 9h15mn à 11h 15mn, ont été intégrés au document pour l'amélioration de la qualité scientifique et esthétique de ce dernier.

En foi de quoi, le présent certificat lui est délivré pour servir et valoir ce que de droit.

Président du jury

Dr. DOVONOU Edia Flavien

Maitre de conférences des Universités (CAMES)

Rapporteur du jury

Dr. CHOUTI Waris Kéwouyèmi

Professeur Titulaire des Universités (CAMES)

Examinateur du jury

Dr YESSOUFOU Arouna

Assistant des Universités

Examinateur du jury

Dr. ADANDEDJI Firmin

Assistant des Universités

Dédicace

... A ma maman, ADEKPUI Yawa Kafui

Remerciements

Louange à Allah qui nous a guidés à ceci.

Mes remerciements vont à tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont assisté, conseillé et encouragé pendant l'élaboration de ce document. Ils s'adressent particulièrement :

- ✓ **au Professeur CHOUTI Waris Kéwouyèmi, Professeur Titulaire / FAST/ UAC,** mon superviseur. Recevez toute ma considération pour le modèle exceptionnel que vous êtes ;
- ✓ **au Dr AGNIMONHAN Hyacinthe F. Maitre-Assistant / FAST/ UAC ;** mon encadreur pour ce travail scientifique, recevez mes sincères remerciements pour votre disponibilité et votre soutien malgré vos nombreuses occupations pour m'accompagner dans la réalisation de ce document ;
- ✓ **au Centre d'Excellence d'Afrique pour l'Eau et l'Assainissement (C2EA) de m'avoir octroyé la bourse d'étude,**

Toute ma gratitude à **tout le corps professoral de l'Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi** pour le savoir et les connaissances qu'ils nous ont transmis durant notre formation et en particulier :

- ✓ **au Professeur MAMA Daouda**, Professeur Titulaire des Universités/CAMES, Directeur de l'Institut National de l'Eau,
- ✓ **au Professeur SINTONDJI O. Luc,** Professeur Titulaire des Universités/CAMES, Directeur Adjoint de l'Institut National de l'Eau,
- ✓ **au Dr DOVONOU Edia Flavien, Maitre de conférences,** Chef du Département Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau de l'Institut National de l'Eau,
- ✓ **au Dr YESSOUFOU Arouna,** Coordonnateur du parcours Ecohydrologie

Ma profonde gratitude va particulièrement à l'endroit de :

- mon papa **OURO-LOWAN Salifou**, Ma tante maternelle **Adekpui A. Mawunya et** ma sœur **Fidaousse**
- tous mes camarades du C2EA/INE

J'adresse aussi mes remerciements :

- à tous les membres du Laboratoire de Chimie Physique, Matériaux et Modélisation Moléculaire (LCP3M) FAST/ UAC
- à tous les membres du Laboratoire de Chimie organique physique et de synthèse (LaCOPS) FAST/UAC
- à tous les membres du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement (LHAE) FDS/ UL
- à tous les membres du Laboratoire de Microbiologie Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (LAMICODA) ESTEBA / UL
- à tous les membres du jury

Résumé

La quête d'eau potable reste un défi constant pour les populations, notamment dans les banlieues de Lomé, comme Kovié, où des pratiques locales de potabilisation incluent l'utilisation des substances chimiques et de plantes. Cette étude a évalué la qualité de l'eau conservée à l'aide de boules de naphtaline et de feuilles *d'Elaeis guineensis* (Jacq). Une enquête auprès des habitants a révélé que 88% consomment de l'eau ruisselée ; 65,91% utilisent des produits chimiques pour la clarification, dont 41% privilégient les boules de naphtaline et 3,41% des plantes. Les analyses physicochimiques, réalisées avec un chromatographe en phase gazeuse couplé au spectromètre en masse (GC-MS), un spectromètre d'émission atomique par plasma micro-ondes (MP-AES) et un multi-paramètre, montrent que le traitement au naphtalène réduit la turbidité de l'eau de 97,14%, une absence d'élément-trace métallique (ETM) et une diminution d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) de 98,66% après un mois, avec une disparition totale du naphtalène. L'analyse microbiologique, selon les normes AFNOR, indique un potentiel antimicrobien du naphtalène contre les Coliformes totaux, *Escherichia coli* et les bactéries Anaérobies Sulfito-Réducteurs. L'extrait aqueux des feuilles *d'Elaeis guineensis (Jacq)* contient des tanins, polyphénols, flavonoïdes et alcaloïdes. Il présente une activité antimicrobienne plus efficace que le naphtalène, sans toxicité apparente, rendant son utilisation plus appropriée pour un traitement immédiat de l'eau potable.

Mots clés : *eau de pluie ; turbidité, qualité microbiologique ; naphtaline ; Elaeis guineensis.*

Abstract

The quest for potable water remains a constant challenge for populations, particularly in the suburbs of Lomé, such as Kovié, where local water purification practices involve the use of chemicals and plants. This study evaluated the quality of water preserved using mothballs and *Elaeis guineensis* (Jacq) leaves. A survey of residents revealed that 88% consume runoff water ; 65.91% use chemicals for clarification, with 41% favoring mothballs and 3.41% using plants. Physicochemical analyses, conducted with a gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS), a microwave plasma-atomic emission spectrometer (MP-AES), and a multiparameter analyzer, showed that naphthalene treatment reduced water turbidity by 97.14%, non-exisstence trace metal elements (TMEs), and reduced polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by 98.66% after one month, with complete disappearance of naphthalene. Microbiological analysis, based on AFNOR standards, indicated the antimicrobial potential of naphthalene against total coliforms, *Escherichia coli*, and sulfite-reducing anaerobic bacteria. The aqueous extract of *Elaeis guineensis* (Jacq) leaves contained tannins, polyphenols, flavonoids, and alkaloids. It demonstrated more effective antimicrobial activity than naphthalene, with no apparent toxicity, making it a more suitable option for immediate potable water treatment.

Keywords*: Rainwater; turbidity, microbiological quality; naphthalene*; *Elaeis guineensis*

Table des matières

Dédicace ii
Remerciements iii
Résumé v
Sigles et abréviations : viii
Listes des tableaux ix
Listes des Figures ix
Listes des photos ix
Liste des planches x
INTRODUCTION GENERALE 2
Chapitre 1 : Généralités 5
1. Hydrocarbures 5
1.1. Hydrocarbures aromatiques 5
1.2. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) 6
1.2.1. Description des HAP 6
1.2.2. Impacts sanitaires et environnementaux 8
1.2.2.1. Risques potentiels pour la santé humaine 8
1.2.2.2 Effets sur l'environnement 9
2. Cas précis du naphtalène 10
2.1. Description du naphtalène 10
2.2. Impact sur la santé 11
2.3. Dégradation du naphtalène 12
3. Généralités sur les Éléments traces métalliques 12
4. Généralités sur *Elaeis guineensis* (Jacq.) (Palmier à huile) 14
4.1. Origine et distribution géographique 14
4.2. Position systématique et appellations diverses 14
4.3. Description botanique 14
4.4. Travaux antérieurs sur *Elaeis guineensis* 15
Chapitre 2 : Matériel et méthodes 18
1. Cadre d'étude 18
1.1. Les laboratoires 18
1.2. Présentation de la zone d'étude 18

1.2.1. Situation géographique 18
1.2.2. Climat et pluviométrie 19
2. Matériel 21
2.1. Collecte et Échantillonnage de l'eau 21
2.2. Matériel végétal 22
2.2. Matériel biologique 23
2.3. Matériel de laboratoire, consommables et réactifs chimiques 24
3. Méthodes 24
3.1 Enquête 24
3.2. Méthode d'échantillonnage d'eau 25
3.3. Analyse Microbiologique 25
3.4. Toxicité larvaire 26
3.5. Phase d'obtention des extraits et analyse phytochimique 27
3.6. Analyse des ETM et HAPs dans les échantillons 27
Chapitre 3 : Résultats et discussions 29
1. Résultats 29
1.1 Résultat d'enquête 29
1.2. Analyse chimique 31
1.2.1. Paramètres physicochimiques 31
1.2.2. Éléments Traces Métalliques 31
1.3. Screening phytochimique des feuilles le palmier à huile : *Elaeis guineensis* (Jacq.) 34
1.4. Analyse biologique 34
1.4.1. Analyse microbiologique 34
1.3.2 Toxicité larvaire 35
2. Discussions 36
CONCLUSION GENERALE 40
CONCLUSION 41
SUGGESTIONS 41
Références 43
ANNEXE 53

Sigles et abréviations :

°C	:	Degré celsuis
ADN	:	Acide désoxy ribonucléique
AFNOR	:	Association Française de Normalisation
ARN	:	Acide ribonucléique
C	:	Carbone
Cd	:	Cadmium
CG-MS	:	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
CMR	:	Cancérogène, mutagène et reprotoxique
CO2	:	Dioxyde de carbone
COV	:	Composé organique volatil
Cu	:	Cuivre
EPEg	:	Eau de pluie traité avec les feuilles
EPN	:	Eau de pluie traité aux boules de naphtaline
EPRT	:	Eau de pluie recueilli du le toit
EPRu	:	Eau de pluie ruisselé sur le toit
ETM	:	Élément trace métallique
Fe	:	Fer
H	:	Hydrogène
HAP/HAPs	:	Hydrocarbure aromatique polycyclique
Hg	:	Mercure
HPLC-MS	:	Chromatographie liquide à haute performance couplée à la spectrométrie de masse
Ig	:	Immunoglobuline
Mn	:	Manganèse
NF	:	Normes Française
Ni	:	Nickel
NTU	:	Nephelometric Turbidity Unit
OMS/WHO	:	Organisation Mondiale de la Santé
Pb	:	Plomb
PoPs	:	Persistant Organics Polluants
SPE	:	Extraction en Phase solide
SPME	:	Micro-extraction en phase solide
SVOC	:	Composé organique semi-volatil
TSN	:	Typotone Sulfite Néomycine
UFC	:	Unité Formant Colonie
VBRL	:	Violet au Rouge Neutre à la Bile et au Lactose
Zn	:	Zinc

Listes des tableaux

Tableau I : Appareils utilisés 24
Tableau II : Gélose au Cristal Violet au Rouge Neutre à la Bile et au Lactose ; TSN : Typotone Sulfite Néomycine 25
Tableau III : Récapitulatif des réactions du screening phytochimique 27
Tableau IV : Tableau des résultats des paramètres physicochimiques 31
Tableau V: Tableau des résultats des analyses des ETM 32
Tableau VI : Tableau des résultats des analyses des ETM 33
Tableau VII : Résultat du screening phytochimique de l'extrait aqueux des feuilles d'Elaeis guineensis (Jacq.) 34
Tableau VIII : Résultats d'analyse microbiologique 34
Tableau IX: Résultat des tests de toxicité sur Artemia salina 35

Listes des Figures

Figure 1 : Formules semi-développées des HAP prioritaires, (Ben Salem, 2015) 7
Figure 2 : Formule chimique (a) et physique (b) du Naphtalène 11
Figure 3 : Carte de localisation de Kovié 19
Figure 4 : Artemia salina leach, ("artemia salina leach," n.d.) 23
Figure 5:Diagramme récapitulatif de l'enquête réalisée sur les sources d'eau consommée à Kovié 29
Figure 6 : Diagramme explicatif des différents procédés de traitement de l'eau dans la banlieue 30
Figure 7: Diagramme des différents produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau .. 30

Listes des photos

Photo 1 : Des jarres d'eau au milieu de la cours pour recueillir l'eau de pluie 21
Photo 2 : citerne pour intercepter l'eau de ruissèlement 21
Photo 5: De la gauche vers la droite, EPN_{24}, EPRT, EPRu 26
Photo 6: Culture des micro-organismes sur les milieux 26
Photo 9: dénombrement des Coliformes Totaux : de la gauche vers la droite, dilution 0 ; -1 ; -2 et du haut vers le bas : EPRT, EPN et EPRu 34
Photo 10:dénombrement des Anaérobie Sulfito-Réducteur : à gauche EPEg, à droit EPR 34

Liste des planches

Planche 1 : Systèmes de gouttière d'eau à Kovié 22
Planche 2 : *Elaeis guineensis* 23

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La demande en eau augmente en raison de la croissance rapide de la population, de l'urbanisation et des besoins croissants de l'agriculture, de l'industrie et de l'énergie (Bodiguel, 2024). Selon le rapport majeur de l'OMS (2015), 2,4 millions d'habitants dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable. Dans les zones difficiles d'accès à l'eau potable, la population fait recourt à plusieurs moyens d'approvisionnement en eau. C'est le cas de Kovié, une banlieue située à la périphérie de la ville de Lomé où la population vit une pénurie d'eau à cause de l'aridité des terres rendant difficile l'accès à l'eau dans le sous-sol avec les moyens rudimentaires. Selon Gnazou et *al*., (2023), cette banlieue située dans la zone Nord du bassin sédimentaire côtier est qualifiée de biseau sec de par sa structure géologique, et le taux de réussite des forages y est très faible.

Ce besoin en eau potable des populations dans les périphéries du grand Lomé amène ces dernières à recueillir de l'eau de pluie en grande quantité, ou à acheter de l'eau auprès des camions fournisseurs d'eau potable qui sont souvent des eaux de forage peu ou pas traitées pour en stocker durant une longue période. Au bout de quelques jours de stockage, des larves de moustique apparaissent dans l'eau et parfois avec une odeur putride.

Plusieurs techniques et plusieurs substances comme extrait de plantes et produits chimiques sont utilisées par les habitants de cette localité pour conserver l'eau stockée sur de longue période. Parmi ces produits, nous avons la boule de naphtaline et l'extrait des jeunes feuilles de *Elaeis guineensis* (Jacq). Les boules de naphtaline constituées de naphtalène sont utilisées contre les cafards et d'autres insectes dans la chambre et *Elaeis guineensis* (Jacq) est une plante alimentaire dont les feuilles sont d'utilité cultuelle et thérapeutique.

Le naphtalène est l'une des molécules hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) cité parmi la grande variété de polluants organiques présents dans l'eau. Ces hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les pesticides constituent les contaminants les plus répandus, persistants et toxiques (Kouzayha, 2011)**.**

Les pratiques locales de potabilisation par l'utilisation de ces substances ne peuvent être sans effets secondaires sur l'environnement et la santé de la population. Par ailleurs, la littérature ne fait pas cas de l'étude qualitative des eaux traitées avec les boules de naphtaline et les feuilles de *Elaeis guineensis* (Jacq) sur de longue période pour la conservation et la consommation dans les banlieues située à la périphérie de la ville de Lomé, cas de Kovié.

Dans le présent travail, nous contribuerons à la sensibilisation et l'intervention sur les dangers de certains composés chimiques utilisés dans le traitement et la conservation des eaux.
De façon générale, ce travail vise à évaluer la qualité des eaux conservées aux boules de naphtaline et aux feuilles de *Elaeis guineensis* (Jacq).
Il s'agit spécifiquement de :

1- Déterminer l'importance des deux pratiques de potabilisation des eaux conservées (au naphtalène et à l'extrait des feuilles d'*Elaeis guineensis* (Jacq)) par la population de Kovié ;

2- Déterminer la qualité microbiologique et physicochimique des eaux conservées aux boules de naphtaline, leur teneur en ETM et leur teneur en HAP en fonction du temps ;

3- Faire le screening phytochimique de l'extrait aqueux des jeunes feuilles d'*Elaeis guineensis* (Jacq) et son activité biologique sur les eaux conservées.

HYPOTHESES

Pour atteindre les objectifs de notre travail, les hypothèses suivantes ont été émises :
H1 : La population de Kovié accorde une place importante à l'utilisation du naphtalène et peu d'intérêt aux plantes dans la potabilisation des eaux conservées.

H2 : Les boules de naphtaline amélioreraient la qualité microbiologique et physicochimique des eaux conservées ; elles contiendraient des HAPs et des ETMs.

H3 : Les jeunes feuilles de *Elaeis guineensis* (Jacq) contiendraient des grandes familles de métabolite secondaires qui ont une activité biologique sur les microorganismes dans eaux conservées.

Le présent document est structuré en trois chapitres :

- Le premier concerne la synthèse bibliographique
- Le deuxième, la présentation du cadre d'étude, et méthodes adoptées et
- Le dernier, les résultats et discussion.

GENARALITES

Chapitre 1 : Généralités

Ce chapitre expose la revue de littérature à savoir la généralité sur les hydrocarbures, leur impacts sanitaires et environnementaux, la généralité sur les éléments traces métalliques et la généralité sur *Elaeis guineensis (Jacq)*.

1. Hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des molécules organiques composées de deux éléments chimiques : le carbone (C) et l'hydrogène (H) qui constituent le nom.
La structure générale des hydrocarbures est une chaine de carbone avec des atomes hydrogènes attachés à chaque atome de carbone. En fonction du type de liaisons entre les carbones, on peut distinguer trois groupes d'hydrocarbure :

- Les hydrocarbures saturés : les atomes sont liés entre eux par des liaisons simples
- Les hydrocarbures insaturés : c'est lorsque certains atomes de carbone de la molécule établissent entre eux des liaisons π (double liaison ou triple liaison).
- Les hydrocarbures aromatiques sont des molécules qui contiennent au moins un cycle benzénique

La combustion des hydrocarbures est associée à des émissions de gaz à effet de serre tel que le dioxyde de carbone (CO_2), qui est en majeur partie la cause du changement climatique (Legendre, 2020).

1.1. Hydrocarbures aromatiques

Les hydrocarbures aromatiques, également connus sous le nom d'arènes (Duprat, 1991), sont une classe de composés organiques caractérisés par la présence de cycles contenant des liaisons doubles conjuguées, formant des structures appelées anneaux aromatiques (Petrov-Gueorguiev, 2021). Le benzène, dont la formule chimique est C_6H_6 est le plus simple et le plus connu des hydrocarbures aromatiques (Kralfallah, 2022). Il est généralement plus stable que les autres hydrocarbures en raison de leur structure de résonance.

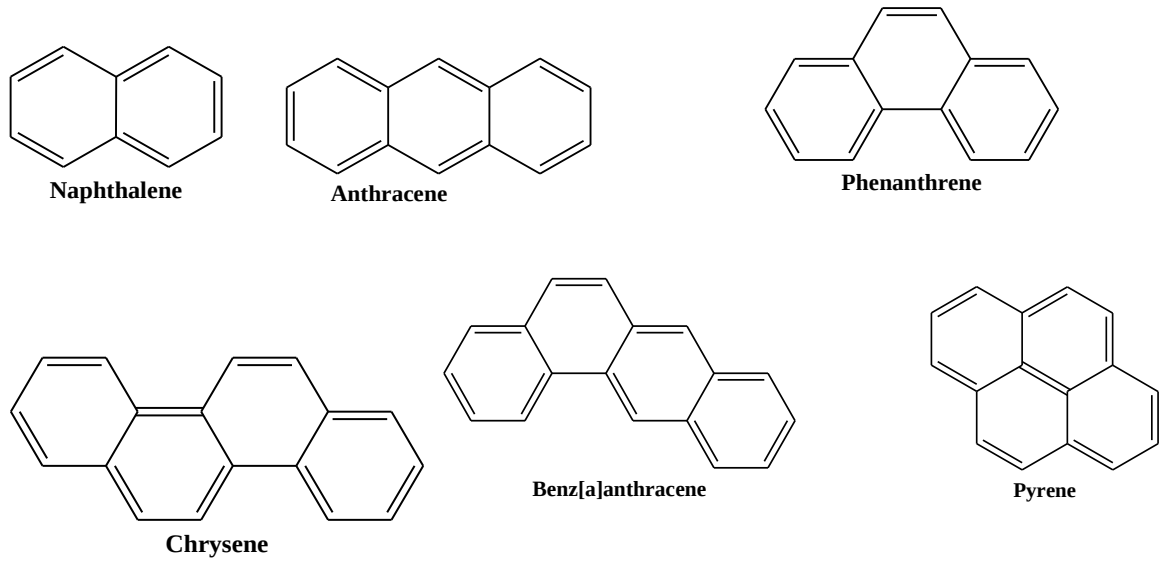
Les hydrocarbures aromatiques sont utilisés dans une grande variété d'applications industrielles et commerciales. Ils sont des composants essentiels de nombreux produits chimiques, plastiques, solvants, colorants et médicaments.

Cependant, certains hydrocarbures aromatiques, en particulier les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), sont reconnus pour leurs effets toxiques et cancérigènes (Crone, 2001), nécessitant une manipulation et une utilisation prudentes en raison de leurs propriétés potentiellement dangereuses.

1.2. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

1.2.1. Description des HAP

D'origine naturelle ou anthropique (Ben Salem, 2015), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène avec la particularité d'avoir au moins deux cycles aromatiques ; les « légers » possèdent jusqu'à trois cycles et les « lourds » possèdent plus de trois cycles (Lauzent, 2018). Ils sont des composés organiques dans l'environnement, faiblement solubles dans l'eau et peu biodégradables, cancérigène avec une forte toxicité (Gabet, 2004). Si dans la pratique, seule une trentaine de HAP non alkylés sont souvent discutés, il faut noter que les HAP alkylés sont aussi nombreux mais peu connus et rarement recherchés. En théorie, il existe plus de 500 HAP dans la nature (Brelivet, 2005). Leur toxicité, leur persistance dans le sol, leur bioaccumulation et leur transport sur de longue distance sont les quatre propriétés qui font des HAP, des polluants organiques persistants (POPs) (Lauzent, 2018). En fonction de leur abondance dans l'environnement et de leur toxicité, l'agence américaine de la protection de l'environnement (US EPA) a déclaré une liste de 16 HAPs prioritaires (Ben Salem, 2015) indiqués sur la figure



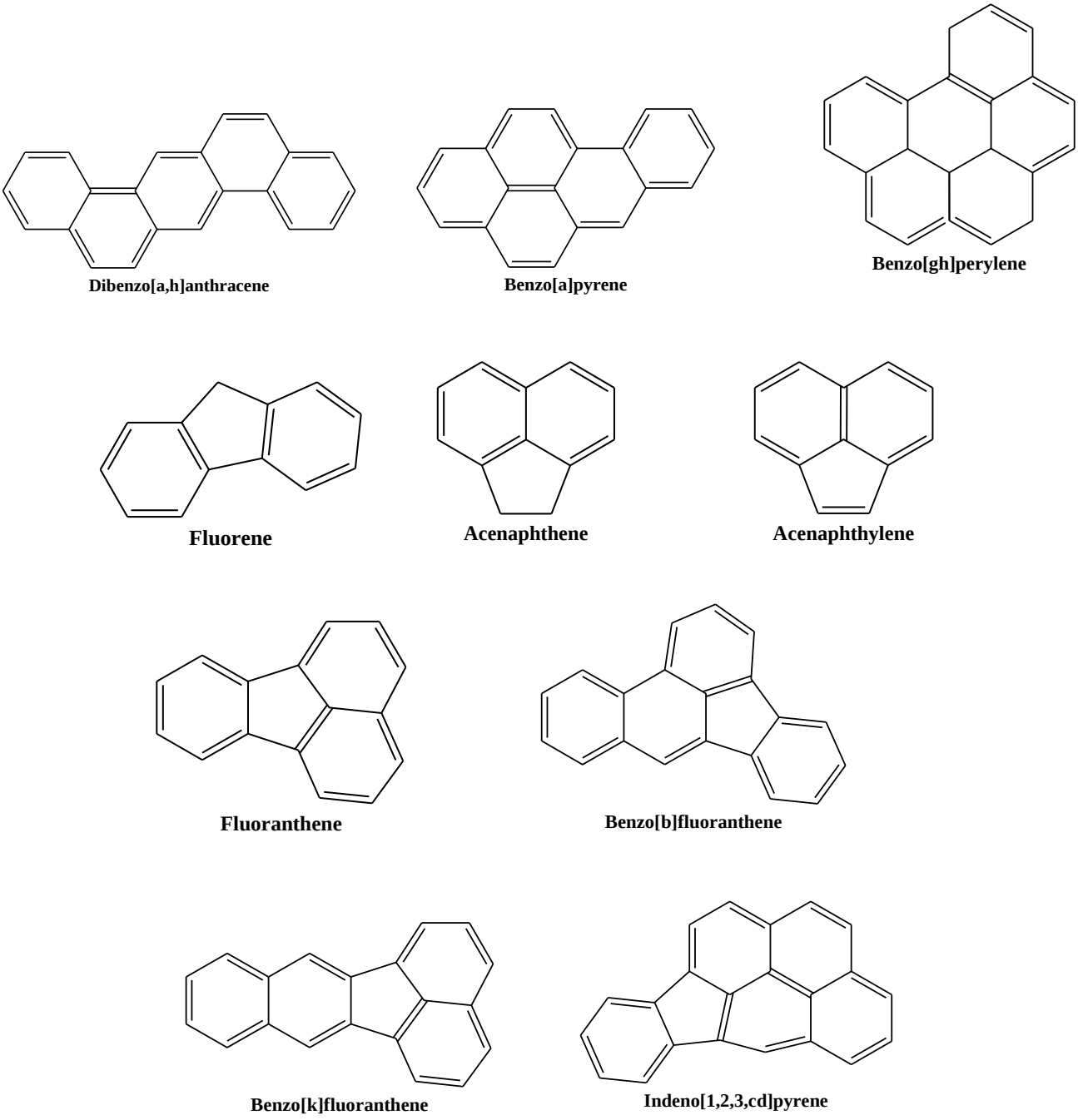


Figure 1 : Formules semi-développées des HAP prioritaires, (Ben Salem, 2015)

1.2.2. Impacts sanitaires et environnementaux

1.2.2.1. Risques potentiels pour la santé humaine

Les enfants, les personnes âgées, les personnes fragilisées par certaines maladies et les personnes travaillants et résidants à proximité des industries constituent une tranche de la population qui est plus sensible aux effets des HAP en général (Albert et *al*., 2022). Elles sont exposées aux effets :

- immunogènes et allergènes : l'exposition aux HAPs provoque une diminution du taux d'immunoglobulines sériques (IgA, IgG et IgM) et une augmentation des IgE (Chelli et *al*., 2010) ;
- hématologiques : l'anémie non plastique, le pancytopénie, la réduction grave des leucocytes périphériques de sang, et la dépression grave de moelle avec la destruction presque complète des cellules de tige hématopoïétiques (Ketterer et *al*., 1992) ;
- hépatotoxiques : les HAP sont capables de produire des effets néfastes sur le foie tel que la stéatose, l'hépatocytes géants, l'inflammation, la nécrose, l'élévation du taux de gamma GT, des transaminases, des phosphatases alcalines, de cholestérol et de triglycérides dans le sang (Chelli et *al*., 2010) ;
- cytotoxiques : les HAP induisant une prolifération régénératrice discrète des cellules, favorisant la fixation de mutations de l'ADN produites par d'autres voies (Chelli et *al*., 2010), (Brelivet, 2005) ;
- endocriniennes : l'exposition aux HAP est susceptible de développer différentes perturbations sur les fonctions de reproduction et thyroïdienne (Chelli et *al*., 2010)
    - ☞ Altération des fonctions de reproduction masculines : tendance à la baisse de la qualité et de la quantité du sperme.
    - ☞ Malformations du système reproducteur masculin : cryptorchidie (malposition des testicules), hypospadias (malposition de l'urètre).
    - ☞ Troubles de la fonction reproductrice féminine en raison d'anomalies de la différenciation sexuelle, de la fonction ovarienne, de l'implantation de l'embryon ; tumeurs des testicules, de la prostate et des seins.
    - ☞ Pour femmes enceintes, risque de mortalité intra-utérine et de retard de croissance fœtale.

- sur le système cardio-vasculaire : augmentation du cholestérol et des triglycérides modifiant le taux de lipides sanguins (Chelli et *al*., 2010) ;
- sur le système nerveux : les HAP provoquent des altérations morphologiques et fonctionnelles du cerveau, pertes de la libido, migraines, polyneuropathies périphériques, troubles de la coordination, et atteinte des facultés sensorielles (Sournia, 2010). Des études montrent que les enfants consommant un lait maternel riche en HAP présentes une diminution des performances psychomotrices (Grandjean and Landrigan, 2006), des troubles neurodéveloppementaux (Frery et *al*., 2000) et même des anomalies de la formation de l'émail dentaire (Chelli et *al*., 2010) ;
- effets cancérigènes : des études épidémiologiques ont montrés que certains HAPs étaient responsables du cancer (Puntoni et *al*., 1995 ; Sparfel, 2018 ; Soltani et *al*., 2020) respiratoire, de la vessie, du foie, de la peau, des systèmes lymphatiques, du sang et des voies digestives (Liamin, 2017). Il est très difficile d'attribuer ces cancers à tel ou tel HAP, voire aux HAP en général, car les personnes atteintes sont soumises, le plus souvent, à un mélange des polluants (Foan, 2012). Certains auteurs affirment que, les molécules des HAP cancérigènes sont dissymétriques (Brice Temime, 2002 ; Foan, 2012).

1.2.2.2 Effets sur l'environnement

❖ **Effets sur les plantes**

C’est à travers les plantes que les HAP se retrouvent souvent dans la chaine alimentaire. La phytoremédiation consiste à utiliser certaines plantes pour dépolluer les sols contaminés puisqu’elles sont tolérantes aux HAP (Norini, 2007 ; Dumas, 2013) mais il est aussi remarqué que les HAP influencent négativement la croissance, l’allocation de la biomasse et l’allocation carbonée chez plusieurs plantes supérieures (Desalme, 2011), ce qui réduit la flore sur les terrains pollués. Ils empêchent la germination des graines et diminuent le rendement de certaines plantes agricoles (Djouher, 2009).

❖ **Effets sur les animaux et les organismes aquatiques en cas de dispersion dans l'environnement**.

La respiration et l’alimentation exposent les animaux à divers HAP et divers mélanges d’HAP qui occasionnent des dérèglements fonctionnels dans les différents organismes selon le degré d’exposition. Une neurotoxicité retardée suite à une exposition précoce à un mélange de 16 HAP a été mise en évidence au niveau du comportement et au niveau du

métabolisme (Crépeaux, 2012) chez certains rats ainsi que la diminution ou la perturbation du métabolisme intestinal et hépatique chez d'autres suite à leur exposition au HAP (El Hajjar, 2023). Ces anomalies sont valables pour tous les autres mammifères. Ils provoqueraient aussi l'obésité chez certaines souris (Layeghkhavidaki, 2014). Ces différentes anomalies s'ajoutent aux propriétés cancérigènes que les HAP ont sur le règne animal en général.

2. Cas précis du naphtalène

2.1. Description du naphtalène

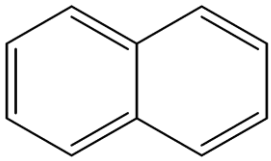
Le naphtalène de formule chimique $C_{10}H_8$ (figure 2), formé de deux noyaux benzéniques fusionnés est le composé actif responsable de l'odeur piquant caractéristique et des propriétés répulsives de la boule de naphtaline présentée sous forme de petit bloc solide blanc et cristallin.

Peu soluble dans l'eau mais très soluble dans des solvants organiques comme l'éther ou l'alcool, la naphtaline fond à 80,5°C avec un point d'ébullition de 218°C (Connor, 2023). De plus, en raison de sa structure aromatique, elle est stable et relativement réactive dans certaines conditions chimiques. Le naphtalène se retrouve plus dans les éléments d'utilité technique comme les moteurs diesels (Bouhroum et *al*., 2010).

Son histoire remonte au 19ème siècle, époque à laquelle son principal constituant, le naphtalène, un composé chimique dérivé du goudron de houille, a été isolé pour la première fois en 1820 par Garden (Bouhroum et *al*., 2010**).** Utilisée partout dans le monde, elle est également connue sous le nom de camphre de goudron. À ses débuts, le naphtalène était principalement utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication d'autres composés tels que des colorants, des médicaments antiparasitaires et antifongiques, des plastifiants pour augmenter la souplesse des plastiques, des lubrifiants pour réduire la friction et l'usure des pièces métalliques, des réactifs dans diverses réactions chimiques organiques pour introduire un groupe naphtyle dans une molécule cible et des solvants (Dubé et *al*., 2012). Les boules de naphtaline sont devenues populaires pour protéger les vêtements et les textiles des attaques de mites et pour repousser les insectes dans les armoires et les greniers (Connor, 2023). Sa commercialisation en tant que répulsif a commencé au début du 20ème siècle puisque les boules de naphtaline sont devenues un produit ménager courant dans de nombreux foyers, offrant une protection contre les dommages causés par les insectes aux vêtements et autres textiles puis une potabilisation à l'eau

de boisson (Aphou, 2019). Elles sont ainsi communément appelées boules antimites (Parmentier, 2006).

La composition chimique de la boule de naphtaline varie en fonction du fabricant et de la formulation spécifique du produit. Cependant, de manière générale, la boule de naphtaline est principalement composée de naphtalène classé pur CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxique) (Ineich et *al.*, 2019) ou en combinaison avec du paradichlorobenzène qui est aussi toxique.



a) Formule topologique du naphtalène



(b) Aspect physique des boules de naphtalène

Figure 2 : Formule chimique (a) et physique (b) du Naphtalène

2.2. Impact sur la santé

Le naphtalène emprunte des voix spécifiques pour accéder à l'organisme :

- Pollution de l'air et inhalation

La clairance muco-ciliaire fait remonter les particules de naphtalène dans l'arbre respiratoire. Elles sont soit avalées puis conduites dans l'organisme par voie digestive ou soit déposées directement dans le parenchyme pulmonaire profond où la métabolisation aura lieu (Chelli et *al*., 2010). La liaison des métabolites avec des protéines telles que l'ARN, l'ADN peut provoquer des disfonctionnements cellulaires (Pitts et *al*., 1978 ;Misaki et *al*., 2016).

- Pollution de l'eau et ingestion

Après ingestion de naphtalène par la mère pendant la grossesse, des anomalies de développement comme une anémie hémolytique néonatale chez le fœtus (Chelli et *al*., 2010) avec une modification des taux d'hormones impliquées dans la reproduction (troubles du développement des organes sexuels) sont observées (Chelli et *al*., 2010 ; Benchouieb et al., 2020).

- Au contact cutané avec le naphtalène et le paradichlorobenzène.

De l'apparition du cancer de la peau à la suite d'une exposition par la voie cutanée passant par le chloracné, l'hyperkératinisation, l'hyperpigmentation le naphtalène peut également altérer l'activité de prolifération et de l'état de différenciation des cellules épithéliales (Chelli et *al*., 2010).

2.3. Dégradation du naphtalène

La biodégradation des HAP se fait en fonction des facteurs environnementaux comme le pH, la température, l'humidité, l'aération et le potentiel redox qui influencent l'activité microbienne. Certaines études ont isolé de nombreux genres et espèces de bactéries et de champignons comme *Fusarium solani* (Veignie et *al*., 2004), *Pleurotus ostreatus*, *Mucor rouxii*, *Aspergillius versicolor* et *Penicillium simplicissimum* (Dostie, 2017) qui entrent dans la dégradation des HAP surtout ceux contenant au plus 4 cycles. Les champignons et les bactéries attaquent les HAP par cométabolisme et donnent de fort taux de minéralisation (Bouchez et *al*., 1996). La souche *Pseudomonas* HL7b dégraderait efficacement le naphtalène. Elle est l'un des microorganismes aérobiques les plus étudiés pour la dégradation du naphtalène, avec une capacité démontrée à transformer efficacement ce composé en produits moins toxiques. Cette souche utilise le naphtalène comme source de carbone et d'énergie, amorçant sa dégradation par l'action de la dioxygénase, une enzyme qui initie la rupture de l'anneau aromatique (Bouchez et *al*., 1996). La réaction enzymatique qui suit conduit à la formation de produits intermédiaires, comme l'acide salicylique, qui sont ensuite minéralisés en dioxyde de carbone et en eau. Cependant, la dégradation complète du naphtalène reste difficile à atteindre, en particulier dans les environnements où les conditions ne sont pas optimales pour l'activité microbienne (Veignie et *al*., 2004).

3. Généralités sur les Éléments traces métalliques

Ce terme générique « d'éléments traces métalliques » désigne des métaux réputés toxiques et dont la teneur moyenne dans les sols est inférieure à $1 g.kg^{-1}$(Gouzy and Ducos, 2008). Parmi ces éléments traces métalliques, notre travail penche sur le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le fer (Fe) et le Manganèse (Mn). L'exposition chronique à ces ETM, même à de faibles concentrations, est associée à divers problèmes de santé, notamment des maladies rénales, des troubles neurologiques, des cancers et des perturbations du développement chez les enfants (Tchounwou et *al*., 2012). De plus, certains de ces métaux, comme le mercure et le plomb, sont particulièrement dangereux en

raison de leur capacité à traverser la barrière hémato-encéphalique, ce qui peut entraîner des effets neurotoxiques irréversibles (Grandjean and Landrigan, 2006). Les sols, agissant comme un réservoir peut ensuite libérer progressivement ces ETM dans les eaux souterraines et de surface, compromettant ainsi la qualité de l'eau (Meharg, 2011). Dans les zones rurales, où l'agriculture est la principale activité économique, l'utilisation excessive de pesticides et d'engrais chimiques contribue à la charge en ETM qui peuvent être lessivés par les eaux de pluie et atteindre les cours d'eau, augmentant encore plus la pollution dans l'eau (Dehbi, 2021). Cette situation est particulièrement préoccupante dans les communautés où les sources d'eau potable proviennent directement de ces ressources en eau contaminées, exposant les populations locales à un risque sanitaire élevé issu de :

- **Cadmium (Cd)** est un métal toxique souvent présent dans les batteries, les peintures et les plastiques. Dans l'organisme humain, il créé des dommages rénaux, la fragilisation des os et des cancers (Abderrahmane et *al.*, 2022) ;
- **Cuivre (Cu)** est un métal essentiel dans l'alimentation (Jondreville et *al*., 2002), présent dans les tuyaux et les câbles. Son excès dans l'organisme humain provoque des crises épileptiques, les dyskinésies, des troubles de l'acuité visuelle, un parkinsonisme et des lésions hépatiques (Ghika, 2004) ;
- **Mercure (Hg)** est le métal liquide présent dans les thermomètres et certains dispositifs médicaux. Son inhalation aigue provoque une atteinte pulmonaire, une neurotoxicité, une atteinte rénale et du système nerveux, surtout chez les enfants (Bensefa-Colas, 2011) ;
- **Nickel (Ni)** est un métal ubiquitaire utilisé dans les alliages et les batteries. L'exposition de l'homme au nickel occasionne des allergies cutanées et des cancers à long terme (Hoet, 2007) ;
- **Plomb (Pb)** : présent dans les vieilles peintures, batteries et conduites d'eau, il cause la neurotoxie, les troubles du développement psychomoteur chez l'homme en général et perturbe le développement cérébral chez les enfants (Squinazi, 2020) ;
- **Zinc (Zn)** : est un métal essentiel pour la santé mais toxique à forte dose. Son déficit est impliqué dans l'insulinorésistance et dans les inflammations (Anne-Marie Roussel, 2017) et en excès, il provoque des nausées, des vomissements et réduit l'immunité ;
- **Fer (Fe)** : nutriment essentiel dans le corps, l'érythropoïèse journalière nécessite 25 à 30 mg de fer (Beaumont, 2013). Son déficit implique un insulinorésistance, des inflammations et la baisse du rendement énergétique chez l'individu (Anne-Marie Roussel, 2017) et son excès provoque des lésions hépatiques et cardiaques ;

- **Manganèse (Mn)** : le déficit de ce métal qui intervient dans le métabolisme, cause un retard psychomoteur associé à une ataxie chez l'individu (Barrea et *al*., 2014)

4. Généralités sur *Elaeis guineensis* (Jacq.) (Palmier à huile)

4.1. Origine et distribution géographique

Cheyns et *al*., (2012), Rival, (2013) et Ndjogui et *al*., (2014) indiquent que le palmier à huile originaire du golfe de Guinée s'est ensuite propagé à travers l'Afrique tropicale et plus récemment, en Asie du Sud-Est où elle est aujourd'hui largement cultivée (Mercière, 2015).

La distribution géographique d'*Elaeis guineensis* a évolué au cours des siècles. Selon Maley (1999), l'espèce a connu une expansion importante en Afrique Centrale au cours des trois derniers millénaires. Cette expansion s'explique par la combinaison de facteurs écologiques favorables et de l'intervention humaine. Aujourd'hui, le palmier à huile est également cultivé en Amérique latine et en Asie.

4.2. Position systématique et appellations diverses

L'espèce est connue sous plusieurs noms vernaculaires à travers les régions où elle est cultivée. Par exemple : à Kovié notre zone d'étude, et même partout dans toute la région maritime au Togo, le palmier est appelé "Dé-tsi'' ; au Brésil, le palmier est parfois appelé "Lisombe," une appellation tirée de ses origines africaines (Rival, 2013). Les noms varient également selon l'usage. Les travaux de Dounias Edmond, (1996) ont mis en avant les multiples fonctions écologiques et sociales de *Elaeis guineensis* dans les agroforêts africaines. Cette diversité fonctionnelle explique en partie les variations d'appellations locales en Afrique. En matière de production d'huile, le palmier est appelé "**Mwani"** en Afrique de l'Est et **"Nguba"** au Congo (Chevalier, 1943). En matière de production de vin de palme, il est appelé **"Bilibili"** ou **"Malafufu"** au Cameroun (Chevalier, 1943). S'agissant des rituels, le palmier est appelé "**Kpengla**'' au Bénin et **"Amazu"** au Nigeria, région Igbo (Dounias Edmond, 1996) et sur le plan économique et écologique le palmier prend le nom de 'Tenera' si le rendement d'huile est élevé et le nom de 'Dura' quand la coque est très dure (Pierrat, 2013).

4.3. Description botanique

Le palmier à huile (***Elaeis guineensis Jacq*.**) appartient à la famille des *Arecaceae* (Ngom et *al*., 2018). Cette espèce est classée comme appartenant au genre *Elaeis*, qui comprend deux principales variétés cultivées : *Elaeis guineensis* et *Elaeis oleifera*. Le travail de Chevalier (1943) a marqué une étape importante dans la compréhension des mutations de cette espèce

ainsi que des variations génétiques présentes au sein du genre. Largement cultivé dans la zone tropicale humide, dans les conditions climatiques favorables, le méristème apical unique actif en permanence produit de nouvelle ébauche de feuille environ toutes les deux semaines qui lui permet de croître en hauteur tout au long de sa vie (Pierrat, 2013). Ce monocotylédone est une plante vivace avec une durée de vie très longue envoisinant 100 ans voire plus (Campos and Caligari, 2017) qui peut atteindre 20 à 30 mètres de hauteur à maturité (Bensaid et *al*., 2020). *Elaeis guineensis* (Jacq.) est une espèce monoïque, chaque individu présente à la fois des fleurs mâles et femelles qui apparaissent séparément dans le temps (Dufrene, 1989). Les inflorescences qui vont devenir les épis se forment à l'aisselle des feuilles et sont produites continuellement une fois que la plante a dépassé le stade juvénile (Adam et *al*., 2005). Les épis portent des noix qui ont plusieurs utilités dont la plus importante est la fabrication des huiles de consommation, ce qui fait son intérêt économique. Les feuilles n'en sont pas des moindres, elles interviennent dans la construction et la fabrication des paniers, des balaies à part les usages thérapeutiques (Camara et *al*., 2017).

4.4. Travaux antérieurs sur *Elaeis guineensis*

Les folioles abusivement appelées feuilles, interviennent traditionnellement très souvent en phytothérapie et des études ont révélé l'effet diurétique et salidiurétiques de l'extrait aqueux sur *Cavia porcellus* (cochon d'Inde) (Aderomou et *al*., 2010) ; ses propriétés anti inflammatoires (Sene et *al*., 2016), ses propriétés antimicrobiennes (Touré et *al*., 2017) et ses effets cicatrisant (Sene et *al*., 2023) .Ces propriétés et effets sont appuyés par les résultats de l'analyse chimique de l'extrait aqueux des feuilles qui révèle la présence de tanins, d'hétérosides flavonoïdes et d'alcaloïdes (Yin et al., 2013 **;** Sene et *al*., 2016) . Une caractérisation phytochimique de la poudre de feuille qui montre la présence de composés tels que les flavonoïdes et les tanins dans la fraction méthanolique (Sene et *al*., 2023). Ces composés bioactifs jouent d'importants rôles dans la médecine traditionnelle (Akabassi et *al*., 2021)**.** Des recherches antérieures indiquent aussi que les extraits végétaux contenant ces métabolites secondaires sont souvent utilisés dans des contextes traditionnels pour purifier l'eau ou la rendre plus sûre à la consommation**.** Ces propriétés pourraient donc être exploitées dans le développement de solutions alternatives de potabilisation, notamment dans des régions où l'accès aux infrastructures modernes de traitement de l'eau est limité. Une clarification de l'eau usée de l'usine fabrication de l'huile de palme par *Elaeis guineensis (Jacq.)* a été fait en réduisant la DCO à 82% et la DBO à 44% (Latif et al., 2014).

En dehors des feuilles les autres partie (enveloppe de la graine, racine) interviennent pour plusieurs services (Yao and Kamagate, 2010) et dans le traitement de plusieurs pathologies comme le cancer, la ménorragie, le rhumatisme (Tow et *al*., 2021).

En résumé, ce chapitre a permis d'aborder les hydrocarbures aromatiques polycycliques surtout le naphtalène, en mettant en lumière leurs propriétés toxiques et leur dégradation. Enfin, les généralités sur les éléments traces métalliques et leurs effets néfastes sur la santé et l'environnement ont été discutées, ainsi que la présentation d'Elaeis guineensis, une espèce végétale d'intérêt dans ce contexte.

MATERIEL ET METHODES

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Ce chapitre présente le cadre d'étude, le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre les objectifs de ce travail

1. Cadre d'étude

1.1. Les laboratoires

La présente étude s'est déroulée dans des laboratoires suivants :

- Laboratoire de Chimie Physique, Matériaux et Modélisation Moléculaire (LCP3M) de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) : Laboratoire d'accueil ;
- Laboratoire de Chimie Organique Physique et de Synthèse (LaCOPS) de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) pour la toxicité larvaire et l'étude phytochimique de la plante ;
- Laboratoire d'Hydrologie Appliquée et Environnement (LHAE) de l'Université de Lomé (TOGO) pour la mesure des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau ;
- Laboratoire de Microbiologie Contrôle de Qualité des Denrées Alimentaires (LAMICODA)/Université de Lomé (TOGO) pour la mesure des paramètres microbiologique des échantillons d'eau ;
- QHSE Laboratory Consultancy au Nigéria pour la détermination de la teneur en HAP, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe et Mn dans les échantillons d'eau.

1.2. Présentation de la zone d'étude

1.2.1. Situation géographique

L'étude est menée dans la commune de Kovié (06°34′38″N–01°11′47″E) situé à 30 km au nord-ouest de Lomé en allant vers le Ghana dans la préfecture de Zio (figure 3), région Maritime Togo (Toglo et *al*., 2021) à 25 Km de Tsévié, chef-lieu de la préfecture. La commune de Kovié se retrouve au milieu du cercle décrit par les limites de la commune d'Agoenyivé 2, la commune d'Agoènyivé 5, la commune d'Avé 2 et la commune de Zio1. C'est un sanctuaire marial, un haut lieu de spiritualité pour les fidèles catholiques du diocèse de Lomé qui accueille des milliers de pèlerins venus vivre des moments d'intense communion avec Dieu chaque décembre**.** Avec une population d'environ 20834 d'habitants (RGPH5_2023), et situé dans une

zone de socle, Kovié a toujours connu des problèmes de disponibilité d'eau potable et a toujours pratiqué la collecte d'eau de pluie (Houndedjihou et *al*., 2022). Ahooja-Patel, (1974) trouve que le manque d'eau est une des causes importantes du déplacement de la population souvent vers le Ghana à côté.

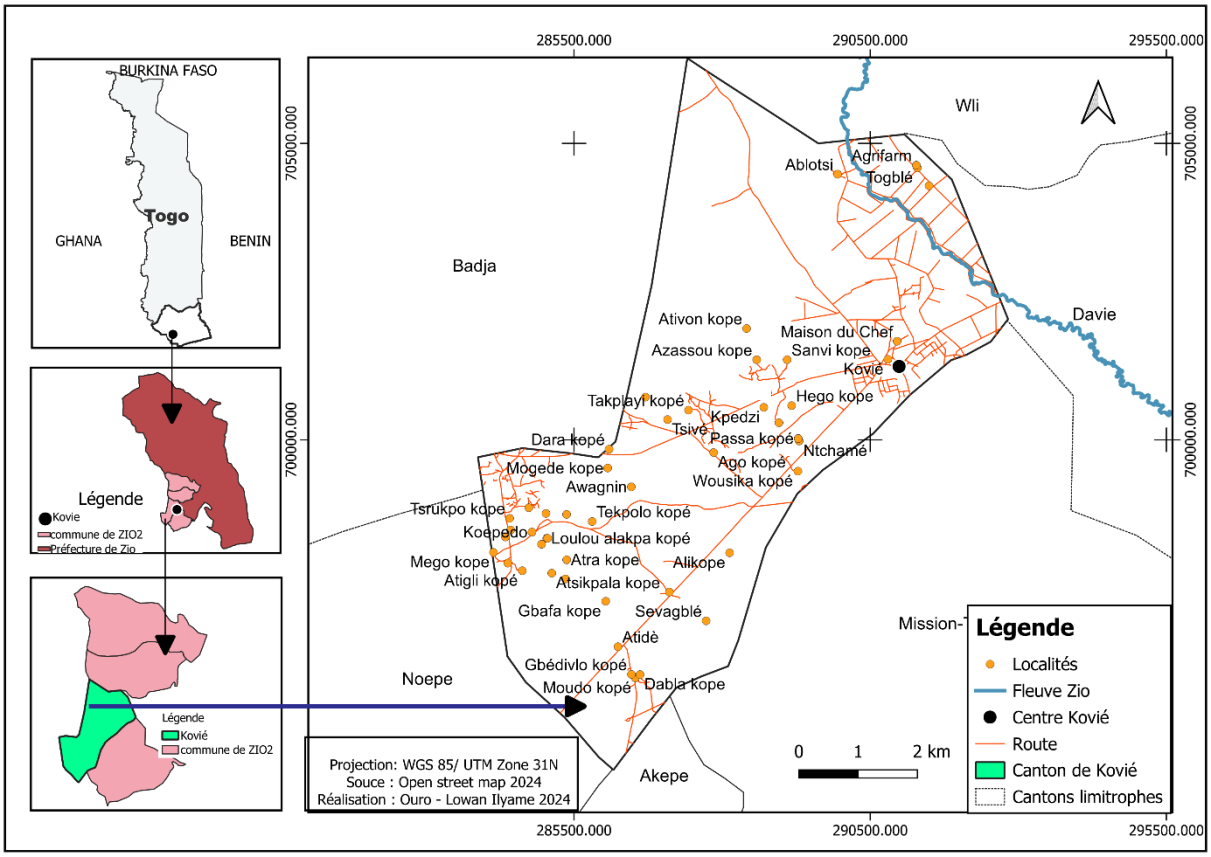


Figure 3 : Carte de localisation de Kovié

Source : OURO- LOWAN Ilyame 2024

1.2.2. Climat et pluviométrie

Située dans la zone avale du bassin du lac Togo, Kovié jouit d'un climat tropical Guinéen. La collecte d'eau de pluie des toits est possible pour de nombreux ménages puisque le niveau moyen annuel des précipitations d'eau à Kovié est d'environ 1015 mm, avec un régime bimodal où les mois de mars à juillet et de septembre à novembre représentent respectivement les saisons des pluies importantes et des petites pluies. Les deux saisons sèches sont observées entre décembre et février pour la grande et entre aout et septembre pour la petite. Ce calendrier est souvent bouleversé par les variabilités climatiques du sud-Togo. La moyenne de température tourne autour de 26,6°C avec les fortes enregistrés en mars et les plus faible en aout.

1.2.3. Sol et végétation

Kovié est située principalement dans le bassin sédimentaire côtier, à la lisière de la zone de socle où du gneiss à faciès de migmatite ou de granite sont observés.

Dans le Plan Communale de Développement 2024-2028 de la commune ZIO 2, il est signalé que, sur le plan hydrogéologique, Kovié est caractérisée par les aquifères du sédimentaire côtiers suivants :

- horizons du Paléocène, formés de calcaire blanc et de calcaire sableux sur 100 à 150 m d'épaisseur ;
- formations du Maestrichtien – Crétacé supérieur, formées de graviers calcaires sur 50 à 300 m d'épaisseurs. Situé au-dessus du socle, elle est représentée par une alternance de niveaux sableux plus ou moins épais et de couches argileuses ou sablo-argileuses.

Quatre types de sols sont rencontrés selon la fiche togolaise des sciences, techniques et innovations (ITRA, INPIT). Il s'agit des :

- sols hydromorphes communément appelés « bas-fond » : localisés le long du cours d'eau et souvent inondés, ces sols sont argileux, compacts et imperméables et sont relativement riches en matières organiques.
- sols ferrugineux tropicaux : lessivés à concrétions et cuirasse, ils présentent une structure, une perméabilité et une porosité assez bonnes en surface. La présence de concrétions rend difficile le travail de ces sols.
- sols ferrugineux tropicaux hydromorphes : sableux, rarement sablo-argileux plus ou moins concrétionnés et argileux en profondeur, ils sont pauvres en matières organiques et en éléments nutritifs dans les horizons de surface.
- sols faiblement ferralitiques : sablo-argileux à argileux, de structure et perméabilité assez bonnes

On enregistre également des sols granitiques par endroits qui servent à l'exploitation de graviers concassés, des affleurements rocheux précisément dans le village de Goka-kope.

La végétation est diversifiée aussi bien en essence ligneuse qu'en graminée. Elle est composée essentiellement de vestiges de forêts primaires comme les grands baobabs, de vieux kapokiers et de vieux pommiers sauvages, certaines palmeraies, des forêts sacrées (Zove) et des prairies herbacées qui domine la plaine alluviale.

1.2.4. Relief et réseau hydrographique

Le relief de Kovié est caractérisé principalement par des plaines et de petites élévations par endroit notamment à Kovié Goka-kope. C'est la plaine côtière vallonnée par le bassin de la rivière Zio. L'altitude moyenne par rapport au niveau de la mer est d'environ 40m. l'affluent DJOKADJE de la rivière Zio traverse le village Ablotsi à l'extrême nord de Kovié où est installée la filière rizicole.

2. Matériel

2.1. Collecte et Échantillonnage de l'eau

La récupération des eaux de pluie, également connue sous le nom de collecte des eaux pluviales, est une pratique ancienne à Kovié. Cette récupération nécessite des jarres d'eau dans les cours, des citernes pour intercepter l'eau de ruissellement et les systèmes de gouttière pour ceux qui ont les maisons couvertes en tôles (photos 1 ,2 et 3).

Les sites de prélèvement sont choisis en raison de la représentativité générale et de la pratique de recueillement à savoir : eau recueillie directement du ciel, eau recueillie du toit, eau interceptée au sol sans traitement, eau interceptée au sol et traitée aux boules de naphtalène et eau interceptée au sol et traitée aux feuilles de palmier.



Photo 2 : Des jarres d'eau au milieu de la cours pour recueillir l'eau de pluie

Prise de vue : OURO-LOWAN 2024



Photo 1 : citerne pour intercepter l'eau de ruissèlement

Prise de vue : OURO-LOWAN 2024



Planche 1 : Systèmes de gouttière d'eau à Kovié

Prise de vue : OURO- LOWAN, 2024

Prise de vues : Ilyame 2024

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de jeunes feuilles *Elaeis guineensis* (Jacq.) communément appelé palmier à l'huile a été récoltée à Kovié. L'extrait aqueux de cette feuille est jadis utilisé pour le traitement de l'eau par la population. Sa classification taxinomique est la suivante :

- Règne : Plantae
- Classe : Equisetopsida
- Ordre : Arecales
- Famille : Arecaceae
- Genre : Elaeis
- Espèce : *Elaeis guineensis*

Les images de la plante et des feuilles sont indiquées par la planche 2.



Planche 2 : Elaeis guineensis

Prise de vue : OURO- LOWAN, 2024

2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour l'étude de toxicité de l'eau conservée avec les boules de naphtalène sont les larves d'*Artemia salina (figure 4).*

L'Artemia salina, également connue sous le nom d'artémie ou « crevette de mer », est un petit crustacé branchiopode (Ghomari et *al*., 2012). Elle est largement utilisée comme organisme modèle dans les études de toxicologie environnementale en raison de sa facilité d'élevage en laboratoire, sa tolérance aux variations des conditions environnementales, et sa sensibilité aux contaminants tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (Zenati, 2018).



Figure 4 : Artemia salina leach, ("artemia salina leach," n.d.)

2.3. Matériel de laboratoire, consommables et réactifs chimiques

- Appareillages

Le tableau ci-dessous résume tous les appareils utilisés lors de notre travail.

Tableau I : Appareils utilisés

Matériel	Rôles
Bocaux de 500 mL	Prélever les échantillons pour les paramètres microbiologique
Bouteille en plastique de 1,5 L	Prélever les échantillons pour les paramètres physicochimiques
Teléphone portable	Prendre les photos et renseigner les questionnaires d'enquête dans Kobocollect
Conductimétrie	Mesurer la conductivité
Complexométre	Mesurer les dureté
Acidimétrie	Mesurer l'alcalinité
pH-mètre	Mesurer le pH de l'eau
Mortier en aluminium	Moudre les feuilles
Agitateur magnétique	Pour agiter les solutions
Calotte chauffante	Pour chauffer
GCMS MP-AES	Déterminer la teneur des ETM et HAPs
La verrerie	Mesurer les substances

- **Consommable de laboratoire**

  - eau distillée pour les diverses préparations ;
  - du coton hydrophile pour la filtration ;
  - acide chlorhydrique, acide sulfurique, hydroxyde de sodium, acide acétique.

3. Méthodes

3.1 Enquête

A l'aide d'un questionnaire élaboré dans Kobocollect (en annexe) et les photographies, une enquête a été menée sur les substances utilisées dans la conservation de l'eau. En somme 100 ménages ont été enquêtés en raison de 10 ménages autochtones par village plus 10 ménages de personnes nouvellement arrivée dans le milieu. Les ménages désignaient soit la personne la

plus âgée ou soit la personne qui gouverne les tâches domestiques pour répondre à nos questions après présentation de l'objet de notre visite. Les questions portaient directement sur la disponibilité de l'eau, sur les plantes et produits chimiques utilisés dans la conservation de l'eau de pluie, leurs efficacités et les anomalies sanitaires observés suites à leurs utilisations

3.2. Méthode d'échantillonnage d'eau

Les eaux ont été prélevées par catégories à l'aide des bidons en plastique de 1,5 L et des flacons stérilisés. On rince la bouteille trois fois avec l'eau à prélever. Une fois rempli, on la ferme au fond de l'eau puis on l'étiquette en y inscrivant : le lieu, la date, l'heure, les coordonnées géographiques et le nom du préleveur. Cette même opération est répétée pour chaque catégorie. Les bouteilles d'eau échantillonnées sont emballées dans un sac puis transportées au laboratoire pour analyse.

3.3. Analyse Microbiologique

Les échantillons collectés dans des bouteilles stérilisées selon les normes AFNOR sont conservés à froid avant les analyses microbiologiques.

Trois germes souvent responsables des intoxications alimentaires, des maladies diarrhéiques et des maladies septiques ont été analysés en utilisant les méthodes normalisées de routine de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) résumées dans le tableau ci- dessous

Tableau II : Gélose au Cristal Violet au Rouge Neutre à la Bile et au Lactose ; TSN : Typotone Sulfite Néomycine

Germes recherches	Milieux de culture	Méthodes normalisées	Température/ temps d'incubation
Coliformes totaux	VBRL	NF EN ISO 4832	30°C/72h
Escherichia coli	Brillance E.coli	NF EN ISO 16649-2	44°C/ 24h
Anaérobies sulfito-réducteurs	TSN	NF EN ISO 15213	44°C/48h



Photo 3: De la gauche vers la droite, EPN_{24}, EPRT, EPRu

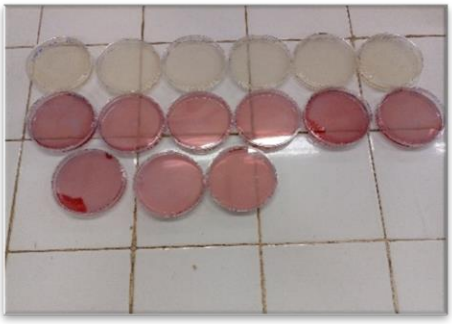


Photo 4: Culture des micro-organismes sur les milieux

Prise de vue : Ilyame 2024

3.4. Toxicité larvaire

Le test de toxicité sur *Artemia salina* implique l'exposition des nauplii à différentes concentrations d'une substance toxique (Vanhaecke and Persoone, 1981), en l'occurrence le naphtalène dissous dans l'eau. Le test vise à évaluer la toxicité de l'eau conservée et traitée avec la boule de naphtalène.

Procédure expérimentale :

- Préparation des solutions : 2 mL de solution mère de concentration définie en HAP est prélevé dans un tube puis la dilution à l'eau de mer a suivi de tube en tube jusqu'au dixième tube :$C_n = \frac{C_0}{2^n}$ en plus d'un tube témoin contenant uniquement de l'eau de mer
- Exposition des nauplii : 16 nauplii nouvellement éclos sont placés dans les tubes contenant les solutions pour une durée d'exposition de 24h
- Évaluation de la toxicité : À la fin de l'exposition, la mortalité des nauplii est enregistrée. Les données sont ensuite utilisées pour calculer la concentration létale médiane (CL50) (Vanhaecke and Persoone, 1981), qui est la concentration de HAP nécessaire pour tuer 50 % de la population de nauplii exposés.
- Contrôle et réplicas : Des groupes témoins (sans HAP) sont utilisés pour assurer la validité de l'expérience. Chaque concentration de HAP est testée en plusieurs réplicas pour assurer la robustesse des résultats.

3.5. Phase d'obtention des extraits et analyse phytochimique

- **Préparation de l'extrait aqueux**

Après lavage, l'extrait aqueux de la feuille d'*Elaeis guineensis* (Jacq) a été obtenus par macération.

- **Analyse phytochimique**

Cette analyse ou screening phytochimique est basée sur des réactions (coloration et précipitation) différentielles de principaux groupes de composés chimiques contenus dans l'extrait aqueux selon la méthode de Houghton et Raman (1998) et décrit par Junaid et Patil (2020) revue et complétée.

Le tableau III résume les différentes réactions spécifiques de chaque classe de composés.

Tableau III : Récapitulatif des réactions du screening phytochimique

Groupe de famille	**Réactifs spécifiques et réactions**
Polyphénols	$FeCl_3$ à 5%, coloration vert foncé, violette, bleue ou noir.
Alcaloïdes	Dragendorff (iodobismuthate de potassium) : précipité orange
Tanins	Bain- marie quelques gouttes de FeCl3 : coloration vert foncé
Flavonoïdes	- Shinoda (réaction à la cyanidine) : coloration orangée, rouge, violette - NaOH : Coloration qui disparait lors de l'ajout de quelques gouttes d'acide dilué

3.6. Analyse des ETM et HAPs dans les échantillons

Le cadmium (Cd), cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn), le fer (Fe) et le Manganèse (Mn) et HAPs ont été analysés dans les échantillons par la méthode de spectrophotométrie à émission atomique par plasma micro-ondes GCMS MP-AES suivant le protocole ci-après :

- ✓ 25 ml de chaque échantillon d'eau conservé ont été mesurés et versés dans un bécher en PTFE (polytétrafuoréthylène)
- ✓ Chaque échantillon est transféré dans une hotte de laboratoire, et 10 ml d'acide nitrique ont été ajoutés à dans les gobelets.
- ✓ Chaque mélange a ensuite été chauffé sur une plaque chauffante au volume le plus faible possible (10mL).
- ✓ Ils ont été laissés refroidir puis filtrés et complétés avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 50 mL.
- ✓ Les échantillons minéralisés ont ensuite été analysés pour déterminer les teneurs des métaux sélectionnés.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Ce chapitre expose les différents résultats d'enquêtes et d'analyses puis leurs discussions

1. Résultats

1.1 Résultat d'enquête

L'enquête des pratiques locales de potabilisation des eaux concerne les eaux de pluie. Notre instrument d'enquête a identifié deux types de collecte à savoir les eaux recueillies du toit des maisons et les eaux ruisselées au sol. La proportion de ménages en fonction des types de collectes d'eau de pluie pour la consommation est illustrée par le diagramme de la figure 5.

Sur 100 ménages, 12% collectent l'eau directement du toit et 88% interceptent l'eau de ruissellement.

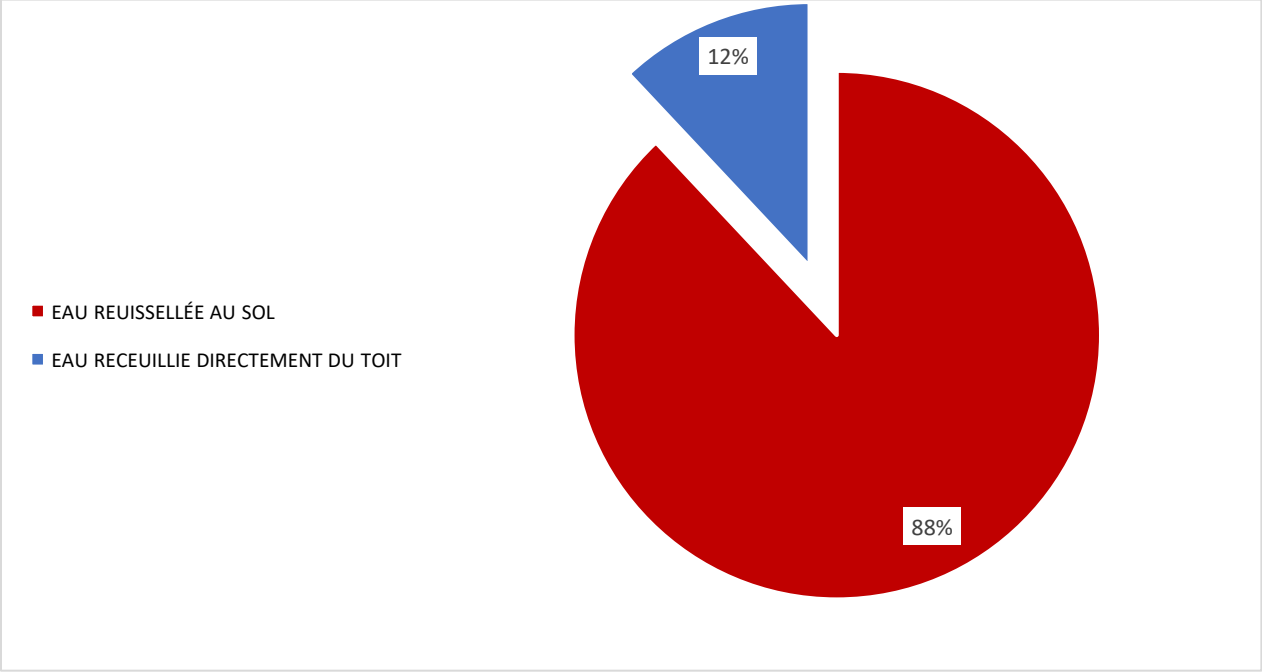


Figure 5:Diagramme récapitulatif de l'enquête réalisée sur les sources d'eau consommée à Kovié

Les ménages recueillant les eaux ruisselées au sol utilisent les techniques de potabilisation suivantes : l'utilisation de cendre, de plantes, de produits chimiques, la méthode de chauffage, de filtrage et de décantation.

Le dépouillement de notre enquête à ce sujet est illustré par la figure 6 où la proportion de ces différents procédés de clarifications sont résumés. Il ressort une forte utilisation des produits

chimique, soit 65,91% des différents procédées de clarification. Chauffage, filtrage et décantation représentent respectivement 2,27% ; 6,82 % et 1,4%. Soulignons que l'utilisation de plante représente 3,41 % des populations pour le processus de clarification de l'eau de pluie ruisselée.

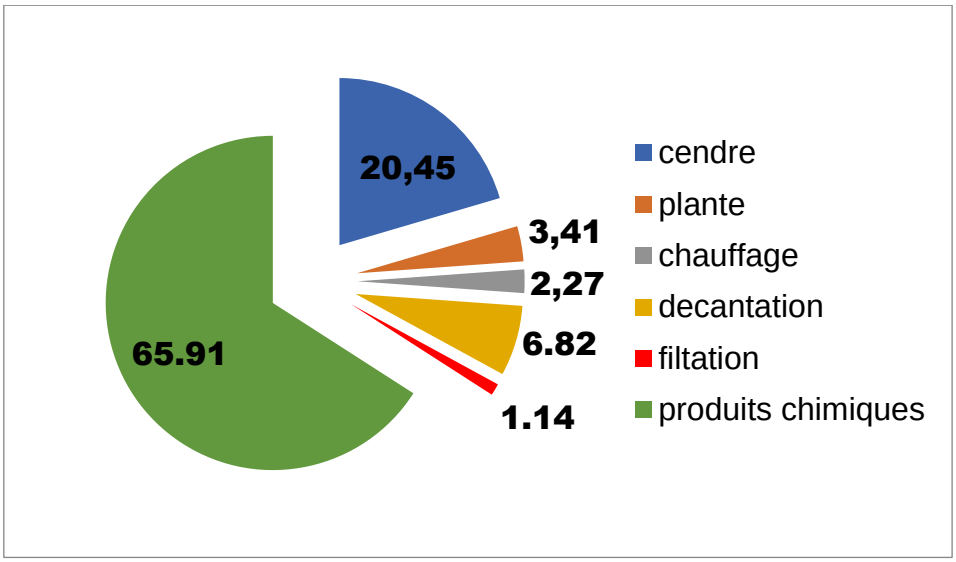


Figure 6 : Diagramme explicatif des différents procédés de traitement de l'eau dans la banlieue

Les substances chimiques utilisées pour la potabilisation de l'eau par la population de Kovié, sont : le crésyl, l'eau de javel, les boules de naphtaline, le pétrole, le sulfate d'alumine. Le diagramme de la figure 7 résume la fréquence d'utilisation de chacune de ces substances chimiques. L'enquête révèle que 41% ont recours aux boules de naphtaline contre 14% d'utilisation du sulfate d'aluminium et aussi 14% de l'eau de javel.

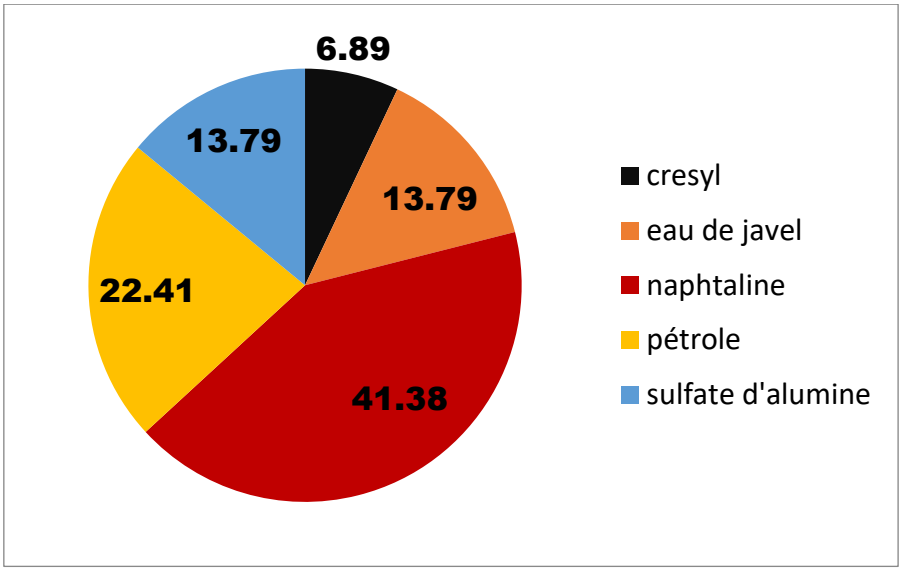


Figure 7: Diagramme des différents produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau

1.2. Analyse chimique

Elle regroupe les paramètres physicochimiques, le taux des ETM, le dosage des HAP et le screening phytochimique de *Elaeis guineeensis (Jacq)*

1.2.1. Paramètres physicochimiques

Les paramètres physicochimiques des différents échantillons d'eau : l'eau de pluie directement recueillie du toit (EPRT), l'eau de pluie ruisselée au sol (EPRu) et l'eau de pluie ruisselée au sol puis traitée aux boules de naphtaline pendant 24h (EPN_{24}) ont été mesurés pour une étude comparative (tableau IV).

Le tableau IV présente les paramètres physicochimiques de ces trois types d'échantillon.

Tableau IV : Tableau des résultats des paramètres physicochimiques

Paramètres	EPRT	EPRu	EPN	Conc maximales O.M.S (*) – UE
Turbidité – NTU	0,38	28,40	0,81	5(*)
Ph	7,16	6,98	6,83	6.50 - 8.50
Cond élec 25°C - ms/cm	65,90	112,8	208	400 (nombre guide)
Solides dissous - mg/L	62,40	106,82	159,95	1000(*) – 1500
Bicarbonates (HCO_3^-) - mg/L	48,80	67,10	97,60	> 30 (nombre guide)
TH (Dureté totale) - °f	4,40	4,80	9	>15
TH calcique (Ca^{2+}) - mg/L	13,60	14,40	32,80	100 (nombre guide)
TH magnésien (Mg^{2+}) -mg/L	2,40	2,88	1,92	50
Sodium (Na^+) -mg/L	1,40	6,10	10	150
Potassium (K^+) -mg/L	0,50	4,70	5,90	12
Fer total (Fe^{2+} et Fe^{3+}) - mg/L	0,00	0,00	<0,05	0.3 **(*)** – 0.2
Manganèse (Mn^{2+}) - mg/L	0,00	0,00	0,05	0.4 **(*)** – 0.05
Ammonium (NH_4^+) - mg/L	0,17	0,11	0,27	1.5 **(*)** – 0.5
Nitrates (NO_3^-) - mg/L	0,01	0,09	0,01	50**(*)** – 50
Nitrites (NO_2^-) - mg/L	0,32	0,23	0,00	3.0 **(*)** – 0.1
Chlorures (Cl^-) - mg/L	0,28	0,28	0,56	250**(*)** – 250
Sulfates (SO_4^{2-}) - mg/L	0,20	1,08	1,84	400**(*)** – 250
Fluorure (F^-) – mg/L	0,19	0,19	<1	1.5 **(*)**
Oxydabilité $KMnO_4$ - mgO_2/L	0	0	0,3	1 (Nombre guide)

1.2.2. Éléments Traces Métalliques

Les teneurs en Hg, Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Fe et en Mn ont été mesurés dans l'eau de pluie directement recueillie du toit (EPRT), l'eau de pluie ruisselé au sol (EPRu), l'eau de pluie ruisselée au sol puis traitée aux boules de naphtaline (EPN) et l'eau de pluie directement tombée du ciel (EPC). Le tableau V présente les teneurs en ETM de ces quatre types d'échantillon.

Tableau V : Tableau des résultats des analyses des ETM

	Métaux (mg/L)							
	Hg	**Pb**	**Cd**	**Zn**	**Ni**	**Cu**	**Fe**	**Mn**
EPN_{24}	0,000	0,000	0,000	0,577	0,127	0,008	0,093	0,087
EPC	0,000	0,000	0,000	0,579	0,000	0,008	0,080	0,011
EPRu	0,000	0,000	0,000	0,421	0,001	0,000	0,390	0,032
EPRT	0,000	0,000	0,000	0,601	0,001	0,000	0,008	0,010
(OMS)	0,006	0,010	0,003	3	0,07	2,000	(0,3-5)	0,4

La détermination du taux d'ETM dans les échantillons montrent une absence de Hg, Pb et Cd, dans tous les échantillons et des traces de Ni, de Cu de Fe et Mn négligeables dans certains échantillons. Par contre une teneur de Zn variant entre 0,4 et 0,6 dans tous les échantillons analysés est remarquée.

1.2.3. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Des échantillons d'eau 24h (EPN_{24}), 48h (EPN_{48}) et 720h ($EPN7_{20}$) après introduction de boules de naphtaline ont été dosés et les résultats sont consignés dans le tableau VI.

Tableau VI : Tableau des résultats des analyses des HAPs

Echantillons	EPN			TEF
Durée de conservation (h)	**24**	**48**	**720**	
Naphthalene	**0,108**	**0,138**	**0,000**	0,001
Acenaphthylene	0,180	0,237	0,227	0,001
Acenaphthene	0,166	0,000	0,000	0,001
Fluorene	3,013	0,187	0,000	0,001
Anthracene	1,235	0,000	0,188	0,01
Phenanthrene	0,752	0,000	0,000	0,001
Fluoranthene	0,909	0,000	0,000	0,001
Pyrene	0,496	0,000	0,000	0,001
Benzo(c)phenanthrene	0,240	0,059	0,082	Sans object
Benz(a)anthracene	0,228	0,359	0,229	0,1
Benzo(e)pyrene	0,037	0,016	0,000	Sans object
Chrysene	0,255	0,255	0,301	0,1
Benzo(b)fluoranthene	0,627	0,539	2,000	0,1
Benzo(k)fluoranthene	0,912	0,000	0,000	0,1
Benzo(j)fluoranthene	0,000	0,185	0,000	0,1
Benzo(a)pyrene	0,433	2,469	0,645	1
7,12-Dimethylbenz(a)anthracene	28,726	0,402	0,372	Sans object
Indo(1.2,3-cd)pyrene	0,581	0,251	0,288	0,1
Dibenz(a,h)anthracene	0,585	0,000	0,000	1
3-Methylcholanthrene	0,838	2,713	0,000	Sans object
Benzo(g,h,i)perylene	0,572	0,682	0,000	0,01
Dibenzo(a,l)pyrene	0,414	0,000	0,000	Sans object
Dibenzo(a,h)pyrene	1,280	0,570	0,475	Sans object
Dibenzo(a,i)pyrene	0,167	0,000	0,000	Sans object
HAP total (mg/L)	**42,756 (100%)**	**9,060 (21,19%)**	**4,807 (11,24%)**	**0,1(Somme de 4HAP)**

TEF est le facteur d'Equivalence toxique fixé par la coordination scientifique pour l'eau de boisson en France (Grimault, 2006). Les limites réglementaires de l'OMS (WHO, 2017) dans l'eau potable : HAP $<$ 0,1mg/L).

La détermination des HAP dans l'échantillon d'eau traitée aux boules de naphtaline donne 42,756 mg/L après une durée de 24h ; 9,060 mg/L en 48h et 4,807 mg/L après un mois de solubilité soit 78,81% et 88,76% de diminution par rapport à la valeur de 24h, respectivement Une absence de naphtalène a été observé après un mois contre 0,108mg/L en 24h.

1.3. Screening phytochimique des feuilles le palmier à huile : *Elaeis guineensis* (Jacq.)

Les résultats des analyses ou du screening phytochimique de l'extrait aqueux des jeunes feuille d'*Elaeis guineensis (Jacq.) sont résumé dans le tableau VII.*

Tableau VII : Résultat du screening phytochimique de l'extrait aqueux des feuilles d'Elaeis guineensis (Jacq.)

Métabolites	Recherche
Polyphénol	+
Tanins	+
Alcaloïdes	+
Flavonoïdes	+

+ signifie présence et - signifie absence

Les résultats révèlent que l'extrait aqueux, contient des composés polyphénols, les tanins, les flavonoïdes et les alcaloïdes.

1.4. Analyse biologique

1.4.1. Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique permet d'analyser les conditions d'hygiène autour de l'eau de boisson et de prévenir les maladies hydriques liées à la consommation des eaux contaminées. Les dénombrements des germes ont été faits avant et après les différents traitements (boule de naphtaline et feuille de palmier à huile). Le tableau VIII et la figure 10 résume les résultats de ces analyses.

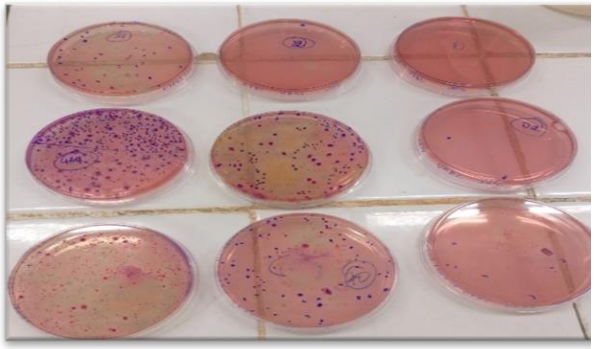


Photo 5 : Dénombrement des Coliformes Totaux : de la gauche vers la droite, dilution 0 ; -1 ; -2 et du haut vers le bas : EPRT, EPN et EPRu



Photo 6 : Dénombrement des Anaérobie Sulfito-Réducteur : à gauche EPEg, à droit EPR

Tableau VIII : Résultat des analyses microbiologique

Paramètres	Nombres de germes un UFC/ml					Critères UE (2007)
	EPRT	EPRu	EPN_{24}	EPN_{720}	EPEg	
Coliformes totaux (30°C)	37	700	460	98	<1	<1/250ml
Escherichia coli (44°C)	<1	150	14	<1	<1	<1/250ml
Anaérobies sulfito-reducteurs (44°C)	<1	20	<1	<1	<1	<1/250ml

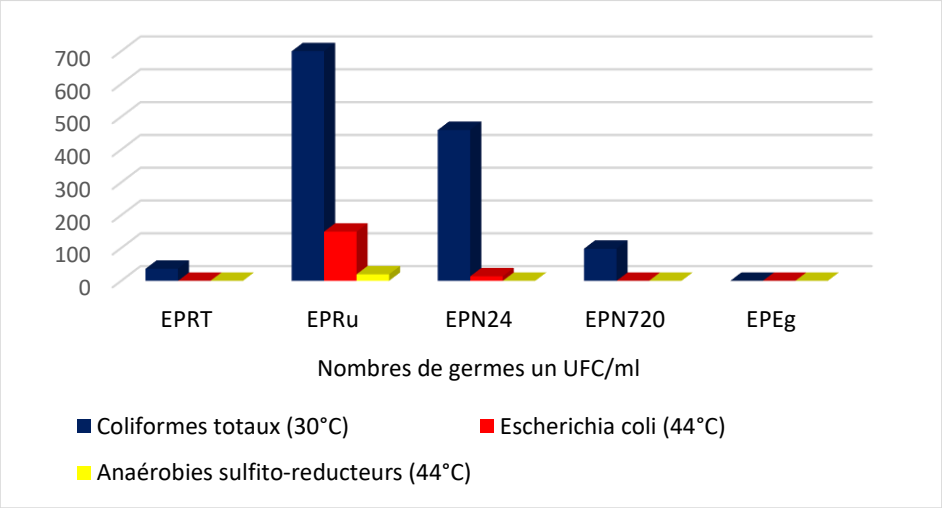


Figure 10 : Nombres des différents germes dans les différents échantillons

Dans l'eau de pluie ruisselée au sol (EPRu), tous les germes recherchés sont retrouvés contrairement à l'eau de pluie recueillie directement du toit EPRT. Dans l'eau de pluie ruisselée et traitée aux boules de naphtaline, on remarque une réduction des E. Coli et dans l'eau ruisselée traitée par les feuilles de palmier on remarque une réduction totale de chaque germe en 24h.

1.3.2 Toxicité larvaire

Le test de toxicité sur *Artemia salina* indique la toxicité des eaux traitées au naphtalène sur le naphtalène (tableau IX).

Tableau IX: Résultat des tests de toxicité sur Artemia salina

Echantillon	**LC_{50} moy**	**Toxicité**
EPN_{24}	Non déterminé	Non actif

2. Discussions

‘’L’eau est source de vie. On ne peut rien sans l’eau, on reste impuissant contre l’eau, mais on peut tout avec l’eau’’ comme le disait Yves M.

Notre enquête à Kovié, une banlieue de Lomé, montre toute l’importance de l’eau dans la vie. En effet, il ressort de l’enquête que 12% de cette population collecte l’eau directement du toit contre 88% qui l’interceptent lors du ruissellement au sol. Cette pratique révèle une absence de puit et de forage dûe à la structure géologique du sol confirmant ainsi les travaux de Gnazou et *al*., (2023) sur les difficultés de foration d’eau dans cette banlieue. De plus, l’absence du réseau public de distribution d’eau potable et d’électricité pourraient être des facteurs. Ce fait a été aussi relevé par Guebail., (2017). Dans ses travaux, ils ont montré que dans les zones rurales, le manque d'accès aux infrastructures modernes d’approvisionnement en eau propre ou la cherté de l’eau pousse les ménages à adopter des solutions alternatives, souvent non sécurisées. On peut citer par exemple la collecte d'eau de pluie et d'eau de ruissellement. De plus, Houndedjihou et *al*., (2022), dans les travaux dans la banlieue de Kovié, ont aussi fait cas de ces différents types de collecte d’eau par la population. La détermination des paramètres physicochimiques de ces deux types d’eau (directement du toit et ruisselée au sol) recueillie montre que la turbidité de l’eau ruisselée au sol est plus élevée (28,40 NTU) avec une conductivité de 112,8 ms/cm et TDS de 106,82 mg/L. Ces taux s’expliqueraient par la nature du sol et de l’atmosphère qui fournit aussi une teneur intéressante en Na^+ (6,1mg/L) et en K^+ (4,7mg/L). Cette présence des ions Na^+ et K^+ a été souligné par Zenati, Belahcene et Messadi, (2015) lors de leurs travaux de caractérisation physico-chimique des eaux de pluies dans une région d’Algérie.

Par ailleurs, l’analyse microbiologique de ces deux types d’eau a révélé une forte contamination de l’eau lors du ruissèlement au sol faisant de cette eau, une eau impropre à la consommation. Néanmoins, celle recueillie du toit avec un nombre non négligeable de Coliformes Totaux (37UFC/ml, > 1/250mL) montre que l’eau du toit est aussi impropre à une consommation directe.

La population de Kovié, par rapport à la turbidité de l’eau, a opté pour des traitements de clarification de l’eau, notamment l’eau ruisselée au sol uniquement prétendant que l’eau du toit de très faible turbidité est déjà potable pour une consommation directe.

En Inde, Subham Mukherjee (2020) a montré que l'utilisation des diverses techniques de collecte d'eau de pluie, souvent sans traitement adéquat pose des risques sanitaires importants, notamment en ce qui concerne la contamination biologique et chimique de l'eau.

Notre travail a montré qu'à Kovié (Togo), l'eau recueillie du toit, doit aussi subir des procédés de potabilisation car impropre à la consommation.
Une exploration des différentes pratiques locales de potabilisation de l'eau par la population de Kovié a révélé une forte utilisation des produits chimique, soit 65,91% des différents procédés de clarification au détriment du chauffage, filtrage et décantation. L'utilisation de plante, représente 3,41 % pour un procédé bio de clarification. Cette faible proportion pour le procédé bio pourrait s'expliquer par la mauvaise perception pour les pratiques endogènes.

Parmi les produits chimiques utilisés par la population de Kovié, notre enquête a identifié le naphtalène à travers des boules de naphtaline (41%) comme le produit le plus prisé que le sulfate d'aluminium (14%) et l'eau de javel (14 %).
Le sulfate d'aluminium, impliqué dans le mécanisme de coagulation-floculation est conventionnellement utilisé dans le traitement de l'eau (Zogo et *al*., 2010 ;Kheliel O et *al*., 2015). Le faible taux de son utilisation pourrait être dû à son accessibilité ou à son coût.

L'eau ruisselée au sol puis traitée par les boules de naphtaline constitue l'eau de boisson dans la communauté de Kovié. Les paramètres physicochimiques dont la turbidité s'est nettement améliorée de 28,4 à 0,81 NTU soit une réduction de 97,14 % avec un pH relativement invariable (6,98- 6,83) et une conductivité électrique de 208 ms/cm < 400 en plus des solides totaux dissouts 159,95 mg/L < 1000 sont conformes aux normes (WHO, 2017).

L'analyse des ETM de tous les échantillons n'a révélé aucune trace des ETM potentiellement toxiques à savoir Hg, Pb, Cd et des traces négligeables en Zn de 0,4 à 0,6 mg/L très loin de la limite supérieur (5,0 mg/L) qui donne un gout indésirable à l'eau (WHO, 2011). Cette absence de Cd, Pb, de Hg indique la non pollution du milieu d'une part et d'autre part une contamination limitée des ETM lors du ruissellement. Soulignons que le transport des ETM n'est pas systématique car certaines précipitations d'eau peuvent limiter leurs transports (Zaher et *al*., 2007 ; Zenati, Belahcene et Messadi, 2015).

Le dosage des HAP dans les trois échantillons traités, à savoir EPN_{24} ; EPN_{48} ; EPN_{720} révèle la présence des traces d'HAP. Cette teneur en HAP diminue au cours du temps avec un taux de régression de 98,66% au bout de 720h (01mois) et une disparition totale du naphtalène. La

présence de quelques molécules d'HAP dans l'eau pourrait être liée à l'émission des gaz d'échappement lors du transport routier déposé sur le sol (Brignon, 2005). Car les boules de naphtalène utilisées ne sont composées que de naphtalène, de thionaphtalène et de méthylphtalène.
Le naphtalène étant une molécule volatile à température ambiante pourrait être évaporé au cours du temps ; ce qui expliquerait sa disparition totale après un mois. De plus cette molécule peut subir une dégradation par les microorganismes présents dans l'eau (Veignie et al., 2004).

Notre étude révèle que les eaux de pluie collectées ne contiennent pas d'éléments traces métalliques et que le traitement à l'aide des boules de naphtaline a amélioré la turbidité comme recherchée par la communauté. Cependant les valeurs en HAP ne respectent pas la réglementation d'une eau de boisson.

L'analyse microbiologique montrent que les boules de naphtaline dans le traitement ont réduit substantiellement la charge microbienne, à savoir le nombre des coliformes totaux, des *E. coli* et des Anaérobies sulfito- réducteurs. La capacité antimicrobienne de la naphtaline est donc progressive dans le temps, de 700 à 98 UFC /ml au bout d'un mois. Qingxia Kong, (2010) ont aussi montré la réduction de la teneur du naphtalène au cours du temps avec sa toxicité sur la *Chlorella vulgaris* dans un milieu enrichi à l'azote et au phosphore. Ce qui expliquerait l'insensibilité de larves d*'Artenia salina* pendant notre test de toxicité larvaire dans des conditions non enrichies. Soto et *al*., (1975) ont expérimenté la volatilisation du naphtalène en donnant un résultat de 61% des cellules de *Chlamydomonas* tuées lorsque du naphtalène saturé était présente au départ dans le milieu de croissance.
Mais tout comme les études de Sackou et *al*., (2012) puis Aphou (2019), nous retenons que l'usage du naphtalène pour la purification de l'eau est déconseillé en raison de sa toxicité potentielle, ses effets cancérigènes et mutagènes (Desalme, 2011 ; Crépeaux, 2012 ; Albert et *al*., 2022).

Notre étude a montré que la qualité microbiologique d'eau conservée s'améliore au cours du temps avec une diminution progressive du taux de naphtalène. Mais compte tenu de la consommation immédiate de l'eau après l'ajout des boules de naphtalène, cette eau pourrait être toxique pour la population.

En revanche, le traitement par l'extrait aqueux des feuilles d'*Elaeis guineensis (Jacq)* ont montré une efficacité totale sur la charge microbienne de l'eau ruisselée au sol. Le screening a révélé que l'extrait contient des tanins, des polyphénols, des flavonoïdes et les alcaloïdes. Parmi

ces métabolites, les tanins sont reconnus pour leur activité antiparasitaire et antimicrobienne (Yin et *al*., 2013)

La présence de ces métabolites secondaires a également été noté par Chong et *al*., (2007) dans l'extrait méthanolique des feuille d'*Elaeis guineensis (Jacq).* Cet extrait méthanolique a révélé une efficacité antimicrobienne sur les germes *d'E.coli et bacterie, de Salmonella typhi et de Pseudomonas aeruginosa.*

Par ailleurs, en Malaisie, les feuilles d'*Elaeis guineensis (Jacq)* ont également démontré leur efficacité dans l'épuration de l'eau usée notamment dans la réduction de son taux en métal d'argent (Arif et *al.*, 2017) et (Azmi et *al*., 2019).

Notre étude révèle alors que l'extrait aqueux des feuille d'*Elaeis guineensis (Jacq)* pourrait être une alternative pour le traitement des eaux dans la quête de valorisation des bio désinfectants.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

L'importance de l'eau dans la vie n'est plus à démontrer. Les populations mobilisent cette ressource par tous les moyens.

L'enquête réalisée dans le canton de Kovié met en évidence les stratégies adoptées par les ménages pour accéder à l'eau potable, notamment à travers la collecte de l'eau de pluie.

L'eau de pluie ruisselée au sol est celle la plus recueillie pour la consommation et cela par 88% des ménages. Des risques sanitaires ont été révélés à travers nos diverses analyses physicochimiques et microbiologiques ; et ceux par la turbidité et la charge microbienne en *Coliformes totaux, Escherichia Coli et Anaérobie Sulfito Réducteur*.

Des pratiques de traitement de l'eau sont développées par cette communauté et l'utilisation de substance chimique comme les boules de naphtaline est la plus répandue.

Le naphtalène a montré une activité antimicrobienne intéressante sur ces germes avec une amélioration de la turbidité. Mais, cette activité antimicrobienne est progressive dans le temps avec une régression du taux initial de naphtalène qui disparait au bout d'un mois. La consommation immédiate de l'eau après l'ajout des boules de naphtalène fait de cette eaux une source de toxicité.

L'extrait aqueux de jeunes feuilles de d'*Elaeis guineensis* est aussi utilisé parmi les pratiques de traitement. Le screening de l'extrait révèle la présence des tanins, des polyphénols, des flavonoïdes et les alcaloïdes. Ces métabolistes secondaires ont montré une activité antimicrobienne plus efficace sur les germes de *Coliformes totaux, Escherichia Coli et Anaérobie Sulfito Réducteur* en seulement 24h, contrairement aux boules de naphtalène.

SUGGESTIONS

Face aux risques sanitaires liés à la consommation de l'eau non potable par la communauté de Kovié, il est suggéré d'adopter des mesures plus sûres et efficaces, tout en résolvant également les problèmes d'inondations. Ces suggestions incluent :

1. **Extension du réseau public de distribution d'eau potable** : l'abonnement au réseau de distribution garanti la disponibilité d'une eau potable à la population.
2. **Sensibilisation et éducation** : les campagnes de sensibilisation doivent être initiées pour informer la population des risques liés à l'utilisation de substances chimiques non

approuvées pour la potabilisation de l'eau en particulier les boules de naphtaline et pour les rappeler les bonnes pratiques d'hygiène.

3. **Recueillir l'eau de pluie directement du ciel** : La collecte directe de l'eau de pluie à partir des toits ou des surfaces propres, avant qu'elle n'entre en contact avec le sol, réduirait considérablement la contamination initiale par les coliformes et autres agents pathogènes.
4. **Mettre en œuvre des traitements conventionnels** : le traitement conventionnel de l'eau de pluie par la filtration et la désinfection avec des produits approuvés (comme l'eau de Javel ou les bio désinfectants naturels à base des feuilles d'*Elaeis guineensis* (Jacq)), permettrait d'avoir une eau potable.
5. **Gestion des inondations par la collecte d'eau de pluie** : Encourager la collecte d'eau de pluie à grande échelle pourrait non seulement améliorer la disponibilité de l'eau, mais aussi contribuer à la gestion des inondations pendant la saison des pluies. L'eau collectée pourrait être stockée et utilisée pour les besoins domestiques et agricoles, réduisant ainsi la pression sur les réseaux publics de distribution d'eau potable et limitant les dégâts liés aux inondations qui créer encore d'autres problèmes sanitaires.

PERSPECTIVES

En perspectives, il sera mieux d'approfondir notre travail en abordant les points ci-après :

- Faire une étude d'optimisation des extrait les feuilles d'*Elaeis guineensis* en préservant les paramètres organoleptiques de l'eau (couleur, gout et odeur de l'eau
- Evaluer le potentiel le potentiel sorbant sur les ETM ;
- Etudier d'autre extrait de cette feuille dans le traitement de l'eau
- Explorer d'autre plantes comme bio désinfectant, biosorbant pour la potabilisation de l'eau.

Références

1. Abderrahmane, M.R., Salhi, A., Mebarki, F., 2022. Toxicité des métaux et leurs effets sur la santé humaine et l'environnement (Thesis). Université Larbi Tébessi - Tébessa.

2. Adam, H., Jouannic, S., Escoute, J., Duval, Y., Verdeil, J.-L., Tregear, J.W., 2005. Reproductive developmental complexity in the African oil palm (Elaeis guineensis, Arecaceae). Am. J. Bot. 92, 1836–1852. https://doi.org/10.3732/ajb.92.11.1836

3. Ahooja-Patel, K., 1974. Regulations governing the employment of non-nationals in West Africa, in: Modern Migrations in Western Africa. Routledge.

4. Akabassi, B.S., Djossou, J.A., Tchobo, P.F., Tchatcha, D.A., Hurgues, G., Houénon, A., Yovo, M., Dédjiho, C.C., Sophie, R., Bogninou-Agbidinoukoun, G., Soumanou, M.M., 2021. Criblage phytochimique et évaluation des activités antiradicalaire et antimicrobienne des organes du Detarium microcarpum Guill. & Perr de la zone soudanienne du Benin.

5. Albert, K.N., Honoré, B.T., Joseph, K.B., Martin, M.B., Abel, B.B., René, T.B., 2022. Impact Sanitaire De La Pollution Atmospherique Sur La Population De La Zone De Sante De Bobozo, Kasaï Central, Rd Congo. Int. J. Soc. Sci. Sci. Stud. 2, 2077–2093.

6. Anne-Marie Roussel, 2017. Déficits en micronutriments dans le surpoids et l'obésité : conséquences métaboliques et cliniques. Nutr. Clin. Métabolisme 31, 268–275. https://doi.org/10.1016/j.nupar.2017.09.001

7. Aphou, 2019. La Naphtaline, véritable danger ignoré par les ivoiriens | 7info. | 7info. URL https://www.7info.ci/la-naphtaline-veritable-danger-ignore-par-les-ivoiriens/ (accessed 5.13.24).

8. Aphou Fofana, 2019. La Naphtaline, véritable danger ignoré par les ivoiriens | 7info. | 7info. URL https://www.7info.ci/la-naphtaline-veritable-danger-ignore-par-les-ivoiriens/ (accessed 8.20.24).

9. Arif, A., Jai, J., Zamanhuri, N.A., 2017. Bio-recovery of silver from simulated silver electroplating wastewater using palm (Elaeis Guineensis) leaves extract. J Mech Eng 1, 113–125.

10. artemia salina leach [WWW Document], n.d. . Bing. URL https://www.bing.com/images/search?q=artemia+salina+leach&FORM=HDRSC3 (accessed 8.26.24).

11. Azmi, A.A., Jai, J., Alias, A.B., Idris, S.A., Yusof, N.M., 2019. Response surface methodology (RSM) for optimization of silver biorecovery process from simulated silver electroplating

wastewater using oil palm (elaeis guineensis) leaves extract as the reducing and stabilizing agents, in: Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, p. 012075.

12. Barrea, C., Küry, S., Bezieau, S., Ramaekers, V., 2014. RETARD PSYCHOMOTEUR ET ATAXIE ASSOCIEE AVEC UNE DEPLETION EN MANGANESE.

13. Ben Salem, F., 2015. Impacts écologiques de la présence de quelques substances prioritaires (pesticides agricoles, hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles, organo-métaux) dans un écosystème littoral anthropisé, le complexe lac Ichkeul- lagune de Bizerte (These de doctorat). Pau.

14. Benchouieb, I., Rechrech, H. (encadreur), 2020. Etude in vivo des toxicités hépato-pulmonaires induites par le benzo(a)pyrène : modulation par l'acide gallique et association avec l'expression des galectines 3 et 8 (Thesis).

15. Bensaid, O.H., Sidamar, A./ P., Kharsi, M./ cou promoteur, 2020. Effet de compost de déchets de palmier dattier sur le développement de la culture de tomate. (Thesis). UNIVERSITE AHMED DRAIA- ADRAR.

16. Bensefa-Colas, A., 2011. Intoxication par le mercure. Rev. Médecine Interne 32, 416–424. https://doi.org/10.1016/j.revmed.2009.08.024

17. Bodiguel, J., 2024. Développement Durable : Garantir l'accès de tous à l'eau. Dév. Durable. URL https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/ (accessed 2.29.24).

18. Bouchez, M., Blanchet, D., Vandecasteele, J.P., Haeseler, F., 1996. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'environnement. Deuxième partie: La dégradation par voie microbienne. Rev. Inst. Fr. Pétrole 51, 797–828.

19. Bouhroum, S., Bitat, L., Kebeiche, M. (Encadreur), 2010. Effets des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur le système immunitaire chez les souris Albinos NMRI swiss (Thesis). Université de jijel.

20. Brelivet, D., 2005. Gestion des sédiments de l'assainissement pluvial : analyse des risques sanitaires liés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques et aux pesticides. Application aux sédiments des bassins de rétention/infiltration.

21. Brice Temime, 2002. Contribution A L'etude De La Partition Des Hap Entre Les Phases Gazeuse Et Particulaire [Www Document]. Url https://theses.hal.science/tel-00011200/ (accessed 8.2.24).

22. Brignon J.M, 2005. Le Naphtalène [WWW Document]. Bing. URL https://www.bing.com/images/search?q=Le+Naphtalène&mmreqh=qrXVqwzUv81c6Ddy0E

aTFd2Y1mGGbKrKiUSwC6qNdc%3d&form=INLIRS&first=1&cw=1349&ch=633 (accessed 5.14.24).

23. C. Beaumont, 2013. Actualité du métabolisme du fer. Rev. Médecine Interne 34, 17–25. https://doi.org/10.1016/j.revmed.2012.04.006

24. Camara, B., Sagna, B., Ngom, D., Niokane, M., Gomis, Z.D., 2017. Importance socio-économique de Elaeis guineensis Jacq.(Palmier à huile) en Basse Casamance (SENEGAL).

25. Campos, H., Caligari, P.D.S., 2017. Genetic Improvement of Tropical Crops. Springer.

26. Chelli, S., Fenier, R., Kebieche, M.E., 2010. Etude de l'hépatotoxicité d'un Hydrocarbure Arômatique Polycyclique (HAP)" Le Naphtalène" (PhD Thesis). université de jijel.

27. Chevalier, A., 1943. Taxonomie, biogéographie et sélection des Palmiers du genre Elæis. https://doi.org/10.3406/jatba.1943.1780

28. Cheyns, E., Colin, J.-P., Ruf, F., 2012. Relations entre agro-industries et dynamiques d'évolution des exploitations familiales et du milieu rural: Agriculture contractuelle et industrie du palmier à huile en Côte d'Ivoire: Grands investissements agricoles et inclusion des petits producteurs-Etude de cas.

29. Chong, K., Zakaria, Z., Sasidharan, S., Kalnisha, P., Lachimanan, Y., Ramanathan, S., 2007. Antimicrobial Activity of Elaeis Guineensis Leaf. Pharmacologyonline 3.

30. Communique_de_presse_Resultats_RGPH5_20230404.pdf, n.d.

31. Connor, N., 2023. Naphtaline | Formule, propriétés et application [WWW Document]. Mater. Prop. URL https://material-properties.org/fr/naphtaline/ (accessed 5.13.24).

32. Crépeaux, G., 2012. Exposition périnatale à un mélange d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques chez le rat: évaluation des effets neurotoxiques à court et à long terme (PhD Thesis). Université de Lorraine.

33. Crone, M., 2001. Diagnostic de sols pollués par des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) a l'aide de la spectrophotométrie UV. (phdthesis). Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne ; INSA de Lyon.

34. Dehbi, M., 2021. Contamination en éléments traces métalliques (ETM) des eaux de surface et des sédiments estuariens du bassin versant de la Soummam (Thesis).

35. Desalme, D., 2011. Contamination atmosphérique par les hydrocarbures aromatiques polycycliques : toxicité et devenir du phénanthrène dans des systèmes sol-plante-microorganismes (phdthesis). Université de Franche-Comté.

36. Djouher Debiane, G.G., 2009. Mycorrhization alleviates benzo[a]pyrene-induced oxidative stress in an in vitro chicory root model. Phytochemistry 70, 1421–1427. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.07.002

37. Dostie, P., 2017. Réhabilitation de sols industriels contaminés aux hydrocarbures par mycoremédiation (masters). École de technologie supérieure.

38. Dounias Edmond, H.C.M., 1996. Les agroforêts Mvae et Yassa du cameroun littoral : fonctions socioculturelles, structure et composition floristique- fdi:010009736- Horizon [WWW Document]. URL https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010009736 (accessed 10.20.24).

39. Dubé, P.-A., Blais, R., Dubé, N., 2012. Bulletin d'information toxicologique 28.

40. Dufrene, E., 1989. Photosynthèse, consommation en eau et modélisation de la production chez le palmier à huile (Elaeis guineensis Jacq.) (PhD Thesis). Université Paris-Sud.

41. Dumas, A.-S., 2013. Mécanismes moléculaires de tolérance des plantes aux xénobiotiques : application à la phytoremédiation des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) (phdthesis). Université de Rennes.

42. Duprat, A., 1991. Oxydation de composés aromatiques par le système Fer/Oxygène/Acide acétique (PhD Thesis). Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.

43. El Hajjar, M., 2023. Etude des modifications du métabolisme des hydrocarbures aromatiques polycycliques en mélanges sur un modèle murin (PhD Thesis). Université Grenoble Alpes [2020-....].

44. Foan, L.M., 2012. Biosurveillance des retombées atmosphériques à l'aide de bryophytes : suivi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatio-temporelles (phdthesis). Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT.

45. FRERY, N., DELORAINE, A., ZEGHNOUN, A., ROUVIERE, F., CORDIER, S., BARD, D., 2000. Etude sur les dioxines et les furanes dans le lait maternel en France. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice.

46. Gabet, S., 2004. Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique (These de doctorat). Limoges.

47. Ghika, V., 2004. Maladie de Wilson. EMC - Neurol. 1, 481–511. https://doi.org/10.1016/j.emcn.2004.03.003

48. Ghomari, S.M., Selselet-Attou, G., Hontoria, F., Moncef, M., Amat, F., 2012. Note sur la biogéographie de la biodiversité du genre Artemia dans la région ouest de l'Afrique du Nord (Algérie, Maroc et Tunisie).

49. Gnazou, M., Bleza, A., Padaro, E., Kpanzou, S., Gnazou, D.-T., 2023. Mise en évidence des structures linéamentaires du biseau sec du Bassin Sédimentaire Côtier du Togo (BSCT) par les SIGs et la Télédétection : application aux ressources en eau.

50. Gouzy, A., Ducos, G., 2008. La connaissance des éléments traces métalliques: un défi pour la gestion de l'environnement. Air Pur 6–10.

51. Grandjean, P., Landrigan, P.J., 2006. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. The Lancet 368, 2167–2178.

52. Grimault, L., 2006. Coordination scientifique.

53. Guebail, A., 2017. Approche non conventionnelle (récupération des eaux de pluie des toits des maisons). (doctoral). Université Mohamed Khider - Biskra.

54. Hoet, P., 2007. Nickel et composés.

55. Houndedjihou, D., Kodom, T., Tchakala, I., Bawa, L.M., Djaneye-Boundjou, G., 2022. Water Harvesting Practices and Consequences in South of Togo: Case of Mission TOVE and KOVIE in Maritime Region, in: Kowenje, C., Haarstrick, A., Biswick, T., Ajeagah, G., Ojwach, S., Odeku, O.A., Baba, G. (Eds.), From Traditional to Modern African Water Management: Lessons for the Future. Springer International Publishing, Cham, pp. 15–25. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09663-1_2

56. INEICH, I., INEICH, T., BAGLAN, A., SANCHEZ, M., 2019. L'après Margouillator®: les produits «repticides» disponibles dans le commerce sur l'île de La Réunion, Océan Indien. Bull Soc Herp Fr 172, 41–55.

57. Jondreville, C., Revy, P.S., Jaffrézic, A., Dourmad, J.-Y., 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligoélément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'homme et l'environnement. Prod. Anim. 15, 247–265.

58. Ketterer, B., Harris, J.M., Talaska, G., Meyer, D.J., Pemble, S.E., Taylor, J.B., Lang, N.P., Kadlubar, F.F., 1992. The human glutathione S-transferase supergene family, its polymorphism, and its effects on susceptibility to lung cancer. Environ. Health Perspect. 98, 87–94. https://doi.org/10.1289/ehp.929887

59. KHELIEL O, K., A.e.k, O., L, Y., S, A., 2015. denitrification des eaux souterraines par adsorption sur charbon actif et par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium. larhyss j. p-issn 1112-3680 e-issn 2521-9782 181–190.

60. Kouzayha, A., 2011. Développement des méthodes analytiques pour la détection et la quantification de traces des HAP et de pesticides dans l'eau. Application à l'évaluation de la qualité des eaux libanaises. (phdthesis). Université Sciences et Technologies - Bordeaux I.

61. Kralfallah, I., 2022. Étude du comportement catalytique des composés Ni-Pt/ Al2O3 et Ni- Pt/ SiO2 préparés sous irradiation dans la réaction d'hydrogénation de benzène. (Working Paper). Université de guelma.

62. Latif, A., Suhaimi, A.A., Romzay, R.A., 2014. Application of Elaeis guineensis leaves in palm oil mill effluent treatment. Indian J. Sci. Technol. 7, 254.

63. Lauzent, M., 2018. Etude de l'écodynamique des polluants organiques persistants et des micropolluants halogénés d'intérêt émergent dans les milieux aquatiques.

64. Layeghkhavidaki, H., 2014. Effet des polluants de type hydrocarbures aromatiques polycycliques sur l'homéostasie lipidique et les récepteurs des lipoprotéines hépatiques (PhD Thesis). Université de Lorraine.

65. Legendre, A., 2020. L'homme est-il responsable du réchauffement climatique ? EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/978-2-7598-0345-3

66. Liamin, M., 2017. Exposition in vitro de lymphocytes T humains aux hydrocarbures aromatiques polycycliques : étude des effets immunotoxiques (phdthesis). Université de Rennes.

67. Maley, J., 1999. L'expansion du palmier à huile (Elaeis guineensis) en Afrique Centrale au cours des trois derniers millénaires : nouvelles données et interprétations.

68. Mande, S.A.-S., Liu, M., Djaneye-Boundjou, G., Liu, F., Bawa, M.L., Chen, H., 2012. Nitrate in drinking water: A major polluting component of groundwater in gulf region aquifers, south of Togo. Int J Phys Sci 7, 144–152.

69. Meharg, A.A., 2011. Trace Elements in Soils and Plants. 4th edition. By A. Kabata-Pendias. Boca Raton, FL, USA: CRC Press/Taylor & Francis Group (2010), pp. 548, US$159.95. ISBN 9781420093681. Exp. Agric. 47, 739–739. https://doi.org/10.1017/S0014479711000743

70. Mercière, M., 2015. Diversité et bases moléculaires de l'agressivité de Ganoderma boninense, agent causal de la pourriture basale du stipe chez le palmier à huile (Elaeis guineensis) (PhD Thesis). Université de Montpellier.

71. Misaki, K., Takamura-Enya, T., Ogawa, H., Takamori, K., Yanagida, M., 2016. Tumour-promoting activity of polycyclic aromatic hydrocarbons and their oxygenated or nitrated derivatives. Mutagenesis 31, 205–213. https://doi.org/10.1093/mutage/gev076

72. Ndjogui, T.E., Nkongho, R.N., Rafflegeau, S., Feintrenie, L., Levang, P., 2014. Historique du secteur palmier à huile au Cameroun. Center for International Forestry Research (CIFOR).

73. Ngom, D., Camara, B., Sagna, B., Gomis, Z.D., 2018. Cortège floristique, paramètres structuraux et indicateurs d'anthropisation des parcs agroforestiers à Elaeis guineensis Jacq. en Basse Casamance, Sénégal.

74. Norini, M.-P., 2007. Ecodynamique des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et des communautés microbiennes dans des sols à pollution mixte (HAP, métaux) avant et après traitement par biopile et par désorption thermique : influence de la rhizosphère et de la mycorhization (PhD Thesis). Université Henri Poincaré-Nancy 1.

75. OMS [WWW Document], n.d. URL https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm (accessed 11.2.24).

76. Parmentier, M., 2006. Dictionnaire des expressions et tournures calquées sur l'anglais. Presses de l'Université Laval.

77. Petrov-Gueorguiev, N., 2021. Nouveaux tétraoxa[8]circulènes ayant une géométrie de double-bol : synthèse, cristallisation et interactions avec invités électropauvres.

78. Pierrat, M., 2013. Variabilité temporelle du biote des sols sous palmiers à huile après application de résidus de récolte (thesis). ISA de Lille.

79. Pitts, J.N., Van Cauwenberghe, K.A., Grosjean, D., Schmid, J.P., Fitz, D.R., Belser, W.L., Knudson, G.B., Hynds, P.M., 1978. Atmospheric Reactions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Facile Formation of Mutagenic Nitro Derivatives. Science 202, 515–519. https://doi.org/10.1126/science.705341

80. Puntoni, R., Toninelli, F., Zhankui, L., Bonassi, S., 1995. Mathematical modelling in risk/exposure assessment of tobacco related lung cancer. Carcinogenesis 16, 1465–1471. https://doi.org/10.1093/carcin/16.7.1465

81. Qingxia Kong, 2010. The toxicity of naphthalene to marine Chlorella vulgaris under different nutrient conditions. J. Hazard. Mater. 178, 282–286. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.074

82. Rival, A., 2013. Palmier à huile: défis et questions à la recherche.

83. Sackou Kouakou 1, J.G., Oga 1, S., Claon 1, S., Bama 2, M., Mbrah Koua 1, D., Houénou 3, Y., Kouadio 1, L.K., 2012. Conditions d'accès et de stockage de l'eau: Enquête dans les ménages en zone périurbaine à Abidjan en 2010. Santé Publique 133–142.

84. Sene, M., Diaw, O., Ndiaye, M., Sarr, A., Barboza, F.S., Ndiaye-Sy, A., Sy, G.Y., 2023. P11 Activité cicatrisante in-vivo d'une pommade à base de vaseline et d'une fraction méthanolique de feuilles d'Elaeis guineensis sur un modèle de brûlure du second degré profond chez le rat. J. Afr. Technol. Pharm. Biopharmacie JATPB 2.

85. Sene, Madièye, Ndiaye, M., Barboza, F.S., Sene, Mbaye, Diatta, W., Sarr, A., Ndiaye-Sy, A., Dieye, A.M., Sy, G.Y., 2016. Activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux des feuilles de Elaeis guineensis Jacq.(ARECACEAE) sur l'œdème aigu de la patte de rat induit par la carraghènine. Int. J. Biol. Chem. Sci. 10, 2568–2574.

86. Soltani, N., Blanchet, S., Zaaimia, A., 2020. Effet immunotoxique des polluants de type hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) sur le système immunitaire. (Working Paper). SNV.STU.

87. Soto, C., Hellebust, J.A., Hutchinson, T.C., Sawa, T., 1975. Effect of naphthalene and aqueous crude oil extracts on the green flagellate Chlamydomonas angulosa. I. Growth. Can. J. Bot. 53, 109–117. https://doi.org/10.1139/b75-017

88. Sournia, B., 2010. Effets des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur le système immunitaire chez les souris Albinos NMRI swiss.

89. Sparfel, L., 2018. Effets immunotoxiques des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Cah. Rech. Santé Environ. Trav. 29–31.

90. Squinazi, F., 2020. Synthèse :
Les effets du plomb sur la santé. Environ. Risques Santé 5, 26.

91. Subham Mukherjee, 2020. Assessment of Water Security in Socially Excluded Areas in Kolkata, India: An Approach Focusing on Water, Sanitation and Hygiene [www document]. url https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/746 (accessed 10.31.24).

92. Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., Sutton, D.J., 2012. Heavy Metal Toxicity and the Environment, in: Luch, A. (Ed.), Molecular, Clinical and Environmental Toxicology: Volume 3: Environmental Toxicology. Springer, Basel, pp. 133–164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6

93. Toglo, Y.A.R., Ahadji-Dabla, K.M., Koffi, E., Apétogbo, G.Y., Ketoh, G.K., 2021. Mosquito (Diptera: Culicidae) diversity and malaria prevalence in Kovié, prefecture of Zio, Togo. Int. J. Mosq. Res. 8, 15–19. https://doi.org/10.22271/23487941.2021.v8.i5a.557

94. Touré, A., Ouattara, K., Ouattara, A., Coulibaly, A., 2017. Essais antimicrobiens d'un savon à base d'extrait éthanolique des feuilles de Morinda morindoides (Morinda, Rubiaceae) sur la croissance in vitro de germes impliqués dans les infections cutanées. Phytothérapie 15, 197–202. https://doi.org/10.1007/s10298-017-1153-9

95. Tow, W.-K., Goh, A.P.-T., Sundralingam, U., Palanisamy, U.D., Sivasothy, Y., 2021. Flavonoid composition and pharmacological properties of Elaeis guineensis Jacq. leaf extracts: A systematic review. Pharmaceuticals 14, 961.

96. Vanhaecke, P., Persoone, G., 1981. Report on an intercalibration exercise on a short-term standard toxicity test with Artemia nauplii (ARC-test). Inserm 106, 359–376.

97. Veignie, E., Woisel, P., Cazier, F., 2004. Intérêt des champignons telluriques dans des processus de bioremédiation de sols pollués par des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Environ. Ingénierie Dév.

98. Yao, R.N., Kamagate, D.K., 2010. Production du palmier a huile (elaeis guineensis Jacq.) et taux d'extraction dans des conditions climatiques marginales au Nord-Est de la Cote d'Ivoire. Agron. Afr. 22. https://doi.org/10.4314/aga.v22i2.68363

99. Yin, N.S., Abdullah, S., Phin, C.K., 2013. Phytochemical Constituents From Leaves Of Elaeis Guineensis And Their Antioxidant And Antimicrobial Activities 5.

100. Zaher, H., Caron, J., Angers, D., 2007. Le rôle spécifique de certaines fractions organiques dans le mécanisme de la stabilité structurale du sol.

101. Zenati, B., 2018. Biodégradation des hydrocarbures pétroliers par des bactéries marines: Application en traitement des eaux de mer contaminées par le pétrole (PhD Thesis). Université Saad Dahlab Blida 1 (Algérie).

102. Zenati, Belahcene et Messadi, 2015. Caracteristiques Physico-Chimique Des Eaux De Pluies Dans Une Region Fortement Industrialisee Et Urbanisee. Cas De La Ville De Annaba (Algerie). [Www Document]. Url Https://Chatgpt.Com (Accessed 10.30.24).

103. Zogo, D., Bawa, L.M., Soclo, H.H., Atchekpe, D., 2010. Elimination de la couleur et de la turbidité d'une eau de surface par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium : cas de la retenue d'eau de l'Okpara en République du Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i5.65583

ANNEXE

QUESTIONNAIRE A L'ENDROIT DES RIVERAINS DE Kovié

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous vous prions de bien vouloir répondre avec sincérité et sans réserve aux questions de cette enquête en **cochant les cases selon votre appréciation**.

Recevez d'avance nos remerciements sincères pour votre compréhension et votre contribution.

I- Informations générales.

- Age :
- Lieu de résidence :

II - Informations sur la conservation de l'eau

1- **Dans votre lieu de résidence, aviez-vous des problèmes liés à l'approvisionnement de l'eau potable** ?

oui ☐ **non** ☐

2 - Quelle **est la source de l'eau que vous utilisez pour la boisson** ?

Cours d'eau ☐ eau de pluie ☐ (veuillez préciser la technique) .....

Autres ☐ (Veuillez préciser) : .....

3- **Avez vous déjà conservé de l'eau sur une durée de plus d'un mois** ?

oui ☐ **non** ☐

4- **Si oui, quel additif vous utilisez pour cette conservation** ?

Substance chimique ☐ Plante ☐ (veuillez préciser son nom) .....

Autres ☐ (Veuillez préciser) : .....

5- si vous utilisez une substance chimique, quelle est cette substance chimique ?

Sulfate d'alumine (alam) ☐ Eau de Javel (chlore) ☐ Naphtaline ☐

Autre ☐ (Veuillez préciser) : .....

III- Utilisation de la naphtaline dans la conservation de l'eau

1- Dites-nous Pourquoi le choix de la naphtaline pour la conservation de votre eau ?

.....

.....

.....

2- **Trouvez vous cette substance efficace ?**

oui ☐ non ☐

Veuillez justifier : ……

……

3- **Quelle est la quantité ou le nombre le boule que vous utilisez dans 5 litres d'eau** ?

Une (01) boule ☐ Deux (02) boules ☐ Trois (03) boules ☐

Autres ☐ (Veuillez préciser) : ……

4- Depuis son utilisation, aviez vous remarquez des effets sur votre santé ?

oui ☐ non ☐

si oui , veuillez préciser les effets: ……

……

IV – Utilisation de plante dans la conservation de l'eau

A la question II-3, **vous aviez notifié que vous utilisez une ou des plantes pour cette conservation** ?

1. **Rappelez-nous le nom de cette (ces) plante (s)** : ……

2. **La plante est elle facile à trouver dans les environs ?**

oui ☐ non ☐

3. **Trouvez vous cette substance efficace ?**

oui ☐ non ☐

Veuillez justifier : ……

……

3. **Quelle partie de cette ces) plante(s) utilisée vous ?**

Feuilles ☐ ; graines ☐ ; racines ☐ ; écorces ☐

4- Depuis son utilisation, aviez vous remarquez des effets sur votre santé ?

oui ☐ non ☐

si oui , veuillez préciser les effets: ……

……

MERCI POUR VOTRE FRANCHE COLLABORATION.

QUE DIEU NOUS BENISSE